

集合住宅における消費エネルギー量を削減するための

住戸形状の要素に関する研究

平成 30 年 4 月

二瓶 士門

目次

論文の内容の要旨	P 1
1 章 序論	P 7
1. 1. 研究の背景と目的	
1. 1. 1. 集合住宅と画一的な住戸内平面計画	
1. 1. 2. 省エネルギーと快適性の現在	
1. 1. 3. 研究の目的	
1. 2. 研究の方法と構成	
1. 3. 既往研究と研究の位置付け	
1. 3. 1. 集合住宅の住戸内平面計画に関する既往研究	
1. 3. 2. 集合住宅の消費エネルギー量に関する既往研究	
1. 3. 3. 研究の位置付け	
2 章 住戸内平面計画に関する変遷と抽出する要素の概要	P22
2. 1. 住戸内平面計画に関する変遷と要素の抽出	
2. 1. 1. 分譲マンションと住戸内平面計画の変遷	
2. 1. 2. 消費エネルギー量の削減と住戸内平面計画の関係	
2. 1. 3. 住戸内平面計画の要素の抽出	
2. 2. 住戸内平面計画の要素の概要	
2. 2. 1. 住戸形状と外的条件の関係	
2. 2. 2. 住戸形状と外的条件の概要	
2. 3. 結論	
3 章 データベースの作成	P41
3. 1. 調査対象全体の概要	
3. 2. 住戸形状の要素から見た標本の概要	
3. 3. 外的条件から見た標本の概要	
3. 4. 外的条件を揃えた場合の標本の概要	
3. 5. 結論	

4章 住戸形状の要素と暖房負荷の相関	P55
4. 1. 暖房負荷と各断熱に係る設計指標の算出方法	
4. 2. 暖房負荷と各断熱に係る設計指標の関係	
4. 3. 住戸形状の各要素から見た暖房負荷と断熱に係る設計指標の比較	
4. 3. 1. 分析方法と住戸形状の各要素別の分析	
4. 3. 2. 小結	
4. 4. 外的条件を揃えた場合の傾向	
4. 4. 1. 分析方法と住戸形状の各要素から見た暖房負荷と q 値の傾向	
4. 4. 2. 小結	
4. 5. 結論	
5章 住戸形状の要素と冷房負荷の相関	P78
5. 1. 冷房負荷と各断熱に係る設計指標の算出方法	
5. 2. 冷房負荷と各断熱に係る設計指標の関係	
5. 3. 住戸形状の各要素から見た冷房負荷と断熱に係る設計指標の比較	
5. 3. 1. 分析方法と住戸形状の各要素別の分析	
5. 3. 2. 小結	
5. 4. 外的条件を揃えた場合の傾向	
5. 4. 1. 分析方法と住戸形状の各要素から見た冷房負荷と m_c 値の傾向	
5. 4. 2. 小結	
5. 5. 結論	
6章 住戸形状の要素と暖冷房負荷の影響関係	P99
6. 1. 暖房負荷削減に寄与する住戸形状の要素	
6. 1. 1. 南向き住戸の場合	
6. 1. 2. 西向き住戸の場合	
6. 1. 3. 東向き住戸の場合	
6. 1. 4. 小結	
6. 2. 冷房負荷削減に寄与する住戸形状の要素	
6. 2. 1. 南向き住戸の場合	
6. 2. 2. 西向き住戸の場合	
6. 2. 3. 東向き住戸の場合	
6. 2. 4. 小結	
6. 3. 暖房負荷と冷房負荷の影響関係	
6. 4. 消費エネルギー量を削減する住戸形状の要素	
6. 5. 結論	

7章 結	P139
7. 1. 研究の結論	
7. 2. 提案と展望	
謝辞	P145
研究歴	P147
8章 資料編 (別冊)	
8. 1. 調査対象全 21 棟 2,229 戸の住戸内平面計画	

論文の内容の要旨

氏名：二 瓶 士 門

博士の専攻分野の名称：博士（工学）

論文題名：集合住宅における消費エネルギー量を削減するための住戸形状の要素に関する研究

消費エネルギー量を削減するための省エネルギー基準は、既に欧州諸国では適合が義務化されており、日本においても2020年までに全建築物に対して義務化される予定である。これまでの法律では届出の必要はなく、そのような中でも建設主体は住宅性能表示制度の利用時に断熱などの仕様規定により対応してきたが、今後は消費エネルギー量を評価する性能規定による適合が義務化される。それによって、特に暖冷房負荷の削減については、仕様による部分的な対応だけでなく、平面計画も含めた統合的な建築デザインによる解決が求められている。

一方で、集合住宅の住戸内平面計画において、70年代にnLDKの端緒が見られ、80年代から90年代にかけて定型化した3LDK住戸が一般化する。そのことにより、個室への分化、外部に対する閉鎖性、ライフスタイルとの齟齬が指摘されており、これまでも定型化の解消に対し建築計画上の様々な取り組みが行われてきたが、未だに状況は変わっていない。また集合住宅は、戦後から急激に建設量が増え、とりわけ日本住宅公団（当時）の役割が量的・質的にも大きかったが、1999年に分譲から撤退したのちは、その多くを民間が建設する分譲マンションが支えている。

そこで、分譲マンションの住戸内平面計画に影響を与える住戸形状に着目し、その寸法や比率を操作することにより、消費エネルギー量を削減する可能性について研究を行う。分譲マンションの年間建設戸数が10万戸を超えることを考えると、例え1住戸あたりの削減量は小さいものであったとしても、全体の消費エネルギー量としては大きな削減に繋がると考えられる。

本研究は、7つの章から構成されている。

1章「序論」では、研究の背景と目的、研究の方法と構成、既往研究と研究の位置づけについて述べている。

集合住宅や消費エネルギーに関する背景から、本研究では以下の点に注目している。1) 集合住宅の設計時に考慮すべき住戸形状の要素を抽出し、データベースを作成する。2) 集合住宅の住戸形状の要素を操作することにより、消費エネルギー量を削減することができることを明らかにする。その結果、集合住宅の建築計画、なかでも住戸内平面計画に対して、重要と考えられる新たな知見を得ることを目的としている。

集合住宅に関する既往研究では、住戸内平面計画の定型化の要因を明らかにするものや、住戸が適切に改修・更新されていくためのスケルトンの許容量を明らかにしたもの、消費エネルギー量に関して集合住宅における総量を把握したもの、モデル住戸に限定して検証したものがあるが、住戸形状と消費エネルギー量の関係を主題にしたものは見られない。また、それらの研究がアンケートや住戸計画のモデル化により分析を行っているものが多いのに対し、本研究では、実在する大量な住戸をモデルとしたデータベースを作成し、多変量解析を行っている。

2章「住戸内平面計画に関する変遷と抽出する要素の概要」では、集合住宅に関する住戸内平面計画の変遷を概観するとともに、設計時に考慮すべき住戸形状の要素を抽出している。

定型化された住戸内平面計画について書かれた既往研究に挙げられた要素と、消費エネルギー量の削減の条件に対応する要素より、それぞれに合致する要素として、「住戸形状」と「外的条件」を抽出した。本研究では、専有面積、住戸表面積、住戸平面形状複雑度指数、間口、奥行間口比、開口率、主開口底長さ開口高さ比の7つを設計時に考慮できる住戸形状の要素、方位、開放面数、隣棟建物の3つを設計時に考慮できない外的条件の要素とした。3章以下は、住戸形状の要素を操作することによる消費エネルギー量の削減について、外的条件の要素ごとに分析している。

3章「データベースの作成」では、建設主体に情報提供を依頼し、2,229戸の分譲マンションの建築図面を収集し、2章で分類した住戸形状と外的条件の要素を中心としたデータベースを作成している。分譲マンションは、建設の時期や地域を限定すれば、断熱材やガラスの物性値が同質である住戸に限定されているため、住戸形状の要素が消費エネルギー量に与える影響を検討することができる。また調査対象は、近年の分譲マンションの建設状況と統計的な条件の両面から検証した結果、有益な示唆が得られるものであることを確認している。

次に、調査対象の中から、定型化されており、住戸数の多い3LDK（1,603戸）のみを取り出し、住戸形状の要素別に傾向を把握している。要素の中には、一部にばらつきが大きいものもあるが、各要素の寸法や比率によって住戸形状を変化させることで、暖冷房負荷の抑制を行うことができると予測できた。一方で、外的条件の要素から見ると、半数近くが隣棟建物による影の影響を受けていることを明らかにした。

そこで、同一の外的条件による住戸の比較を行うために、隣棟建物の影響がない住戸（702戸）のみを取り出し、方位と開放面数の組み合わせによる住戸タイプごとの標本数を確認したが、北向きを除き、どの住戸タイプにおいても一定以上の標本数があることを明らかにした。

4章と5章では、住戸内平面計画における住戸形状の各要素について、3LDKに基づくデータベースを用いて、シミュレーションツールによって算出された暖冷房負荷及び断熱に係る設計指標を、開放面数ごとに層別した散布図で比較を行っている。その結果から、相関が強く見られた断熱に係る設計指標を把握し、次に、隣棟建物の影響がない住戸に基づくデータベースを用いて、方位ごとに層別した散布図で比較を行っている。そして、暖冷房負荷及び有効な断熱に係る設計指標と住戸形状の各要素について、住戸の方位と開放面数の組み合わせ（住戸タイプ）ごとの相関を示し、消費エネルギー量を削減できる住戸形状の要素を相関関係により明らかにしている。

これらから、4章と5章に共通して以下の知見が得られた。3LDKに基づくデータベースより、一部の住戸形状の要素において、暖冷房負荷を抑制できることを明らかにした。さらに、隣棟建物の影響がない住戸に基づくデータベースより、住戸タイプによっては、暖房負荷を抑制できる住戸形状の要素があることを明らかにした。また、断熱に係る設計指標に関わらず、暖冷房負荷を抑制できる特定の住戸タイプがあることを明らかにした。

4章「住戸形状の要素と暖房負荷の相関」では、暖房負荷に焦点を当てた結果、以下の知見が得られた。3LDKに基づくデータベースより、暖房負荷の相関係数と傾向が近い断熱に係る設計指標は q 値であることを示した。さらに、隣棟建物の影響がない住戸に基づくデータベースより、開口率については、暖房負荷の抑制に寄与する割合が高いと推察される。

5章「住戸形状の要素と冷房負荷の相関」では、冷房負荷に焦点を当てた結果、以下の知見が得られた。3LDKに基づくデータベースより、冷房負荷の相関係数と傾向が近い断熱に係る設計指標は m 値であることを示した。さらに、隣棟建物の影響がない住戸に基づくデータベースより、主開口庇長さ開口高さ比や開口率については、冷房負荷の抑制に寄与する割合が高いと推察される。

6章「住戸形状の要素と暖冷房負荷の影響関係」では、暖房負荷と冷房負荷それぞれにおいて、消費エネルギー量の削減に寄与する住戸形状の要素を重回帰分析によって明らかにしている。また、住戸タイプ別に標準偏回帰係数を用いて暖房負荷と冷房負荷を比較し、住戸形状の各要素における係数の影響度や有意性ならびに係数が相反する傾向にないか確認をする。これらから、住戸形状の要素により、どのくらいの消費エネルギー量を削減することができるかを示している。

これらから、以下の知見が得られた。

- 1) 住戸タイプごとに傾向が明確に異なることを明らかにした。
- 2) 暖房負荷が削減できても冷房負荷が増加するといった、相反する関係にある住戸形状の要素があることを明らかにした。
- 3) 住戸形状の要素により、暖冷房負荷の消費エネルギー量を削減できることを明らかにした。しかし、南向き・一面、西向き・両端二面、東向き・連続二面の住戸タイプについては、有益な結果が得られなかった。

- 4) 住戸形状の要素同士の関係については、ある要素が負荷抑制に寄与すると、同時に他の要素が連動することを明らかにした。

7章「結」では、2章から6章で得られた結論を総括した上で、これらに基づいた提言を加えている。それによって、消費エネルギー量を削減することができる住戸形状の寸法や比率の操作を行うことで、定型にとらわれない3LDKの住戸内平面計画の具体例を示している。

南向き・両端二面開放の住戸タイプにおいて、住戸形状の要素の寸法や比率の操作による暖冷房負荷の削減を検証した結果、改善されることを示した。一例として、住戸平面形状複雑度指数や、主開口庇長さ開口高さ比を調整することによって、年間の暖冷房負荷が996MJ削減できることを示している。このように、住戸形状の要素によって消費エネルギー量を削減することは、住戸単体では小さな試みではあるが、分譲マンションの建設量が多いことを鑑みれば、消費エネルギー量を削減する効果は大きいものであり、集合住宅の住戸内平面計画を変えるきっかけになると考えられる。

SUMMARY

Study on the building elements of a dwelling unit's shape to reduce energy consumption amount in multi-unit residential buildings

Shimon NIHEI

Energy saving standards for reducing energy consumption have already been mandated for compliance in European countries and will be compulsory for all buildings by 2020 in Japan as well. In addition, the notification method has been changed from specification codes to performance codes for evaluating the energy consumption. As a result, the reduction of heating and cooling loads is required not only by partial specification but also by integrated architectural design including dwelling unit design.

On the other hand, as for the dwelling unit design of multi-unit residential buildings, the selling of nLDK apartments started in the 1970s, and the 3LDK dwelling unit was stylized and generalized in the 1980s–1990s. As a result, there is a contradiction regarding the trend toward private rooms, closure to the outside, and lifestyle changes and, so far, various efforts in architectural planning and design have been made to resolve standardization; however, the situation has yet to change. In addition, the construction of multi-unit residential buildings rapidly increased after the war, and the role of the Japan Housing Corporation (then) was quantitatively and qualitatively large; however, after its withdrawal from selling in 1999, the newly built condominiums built by the private sector have filled the gap.

Therefore, by paying attention to the dwelling unit's shape that affects the dwelling unit design of newly built condominiums, we explore the possibility of reducing energy consumption by manipulating the sizes and ratios. Taking into consideration that the number of annually constructed newly built condominiums exceeds 100,000 units, it is likely that this will lead to a large reduction in total energy consumption even if the reduction per dwelling unit is small.

This study consists of seven chapters.

Chapter 1: "Introduction" describes the background and purpose of the research, the method and composition of the research, the past research, and the positioning of the research.

Considering the background of multi-unit residential building and energy consumption, this study focuses on the following points: 1) Extraction of the building elements of a dwelling unit's shape in designing a multi-unit residential building, and creation of a database; and 2) Clarification that we can reduce energy consumption by manipulating the building elements of the dwelling unit's shape of a multi-unit residential building.

Note that previous studies on multi-unit residential buildings rarely mentioned the relationship between the dwelling unit's shape and energy consumption. In addition, this study is unique because multivariate analysis has been made using a database with many existing dwelling units.

Chapter 2: "Outline of the changes related to dwelling unit designs and extracted building elements" outlines the changes in the dwelling unit design of multi-unit residential buildings and extracts the dwelling unit's shape to be considered in the design.

From the building elements listed in previous studies of stylized dwelling unit designs and building elements corresponding to the conditions for reducing energy consumption, we selected the building elements of the "dwelling unit's shape" and the "external conditions" that correspond well with actual data. In this study, the seven factors—dwelling unit area, building envelope area, plan shape complexity, frontage, depth to frontage ratio, opening ratio, and eaves depth/opening height—were regarded as the building elements of the dwelling unit's shape that we can consider

in the design, and the three factors—orientation, the number of open areas, and adjacent buildings—as the external conditions that we cannot consider in the design. As for the reduction of the energy consumption by manipulating the building elements of the dwelling unit's shape, Chapter 3 and later chapters analyze each element of the external conditions.

In Chapter 3, "Creating a database", we asked the construction agents to provide information, and collected the drawings of the newly built condominiums with 2,229 units to compile a database composed mainly of building elements of dwelling units' shapes and external conditions as classified in Chapter 2. The construction time and area of the study objects of newly built condominiums are confined so that the physical properties of thermal insulation materials and glasses are practically homogeneous; therefore, we can fairly examine the influence of the building elements of a dwelling unit's shape on energy consumption. By thoroughly reviewing the construction status and statistical conditions of condominiums built in recent years, we have also confirmed that the study objects will provide useful information.

Then, from among the study objects, we only extracted 3LDK units (1,603 units), which are stylized and large in number, to grasp the trend of each building element of the dwelling unit's shape. Some of the building elements had some variations, but it was predicted that the heating and cooling loads could be suppressed if we change the dwelling unit's shape, that is, the size and ratio of building elements. On the other hand, when considering external conditions, it was found that nearly half were influenced by the shadows of adjacent buildings.

Therefore, to compare the dwelling units under the same external condition, only the dwelling units without the influence of adjacent buildings (702 units) were selected and the number of samples for each dwelling unit type was confirmed by combining the direction and the number of open surfaces: it was found that, except for the northward direction, there were more than a certain number of samples for every dwelling unit type.

In Chapters 4 and 5, for each building element of the dwelling unit's shape of the dwelling unit design, the design indexes relating to the heating and cooling loads and heat insulation, which were calculated by the simulation tool and using the database based on 3LDK, are compared with a scatter diagram stratified by the number of open surfaces. Then, based on the results, we comprehend the design indexes related to the heat insulation where we find a strong correlation, and compare them with the scatter diagram stratified by direction, using the database based on the dwelling unit without the influence of adjacent buildings. Finally, for each design index related to the heating and cooling loads and effective heat insulation, we show the correlation between each combination (dwelling unit type) of the direction and the number of open surfaces of the dwelling unit. Through this, we clarify which of the building elements can reduce energy consumption.

Based on the above, the following findings were obtained in both Chapter 4 and Chapter 5. From the database based on 3LDK, we found that the heating and cooling loads can be suppressed in some building elements. Furthermore, in the database based on the dwelling units without the influence of neighboring buildings, it was found that there are building elements that can suppress the heating load depending on the dwelling unit type. Also, regardless of the design index related to heat insulation, it was found that there are specific dwelling unit types that can suppress the heating and cooling loads.

In Chapter 4, "Correlation between building elements of a dwelling unit's shape and the heating load," the following findings were obtained by focusing on the heating load. From the database based on 3LDK, it was found that the design index related to heat insulation, which is close to the correlation coefficient of the heating load, is the q value. Furthermore, from the database based on the dwelling unit without the influence of adjacent buildings, we infer that the opening ratio highly contributes to the suppression of the heating load.

In Chapter 5, "Correlation between building elements of a dwelling unit's shape and the cooling load," the following findings were obtained by focusing on the cooling load. From the database based on 3LDK, it was found that the design index related to heat insulation, which is close to the correlation coefficient of the cooling load, is the m_c value. Furthermore, from the database based on the dwelling unit without the influence of adjacent buildings, it is inferred that the eaves depth/opening height and the opening ratio highly contribute to the suppression of the cooling load.

Chapter 6: "Relationship between building elements of a dwelling unit's shape and heating and cooling loads" describes the multiple regression analysis of building elements that contribute to the reduction of energy consumption in heating and cooling loads, respectively. It also checks the conflicting relationship by confirming whether they are in conflict and shows how much energy consumption can be reduced by each building element.

From the above, the following findings were obtained.

- 1) It was found that the trend was clearly different for each dwelling unit type.
- 2) While the heating load can be decreased, the cooling load increases, indicating that there are building elements in conflicting relationships.
- 3) It was found that the energy consumed by the heating and cooling loads can be decreased in some building elements.
- 4) Regarding the relationship between building elements, it was found that there is a dwelling unit type in which other building elements are interlocked at the same time when a building element contributes to load reduction.

Chapter 7: "Conclusion" summarizes the findings in Chapters 2 to 6, with recommendations added. By manipulating the size and ratio of a dwelling unit's shape that help reduce the energy consumption, examples of 3LDK dwelling unit design are specifically shown without sticking to any one style.

In this way, reducing the energy consumption by controlling the building elements of a dwelling unit's shape may be a small attempt for a lone dwelling unit, but the overall effect of reducing the energy consumption could be significant because the construction volume of newly built condominiums is large, and this can trigger a change in the dwelling unit design of multi-unit residential buildings.

1章 序論

1. 1. 研究の背景と目的

1. 1. 1. 集合住宅と画一的な住戸内平面計画

日本において、長屋形式を除いた積層型の集合住宅が一般化するのには戦後と言えよう^{注1-1)}。その中でも、戦後の住宅不足解消を目的として1955年に設立された日本住宅公団^{注1-2)}の役割は量的・質的ともに大きい。その後、1972年頃には、《公団住宅とマンションがほぼ同質のものとなり^{注1-3)}》という記述に見られるように、民間が建設する集合住宅、すなわち分譲マンション^{注1-4)}の存在が一般化した。1999年に都市基盤整備公団（旧日本住宅公団）が分譲から撤退し、現在においては、我が国における集合住宅の多くを分譲マンションが支えている^{注1-5)}ことは事実である（Fig. 1-1）。

一方で、集合住宅における住戸内平面計画に目を向けると、1970年代以降はいわゆるnLDK型^{注1-6)}に定型化していく。この状況に対する問題意識^{注1-7)}や、画一的な住戸内平面計画からの脱却を目指した課題解決への取り組み^{注1-8)}はあったものの、1980年代以降はフロントエージを極力抑えた定型3LDK^{注1-9)}と呼ばれる住戸内平面計画が一般化し、現在でも3LDKの建設戸数が多い^{注1-10)}ことが分かっている。

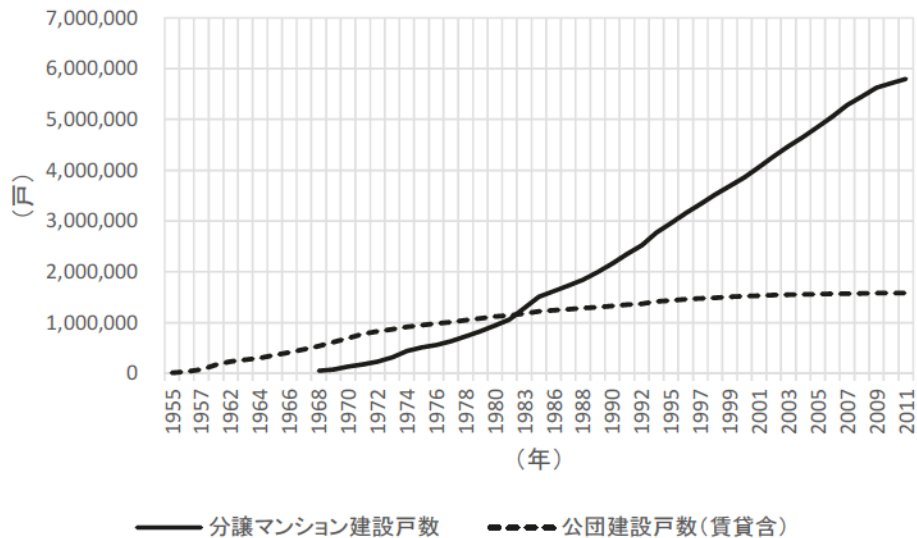


Fig. 1-1 全国における分譲マンション^{注1-11)}と都市再生機構（賃貸と分譲）の建設戸数^{注1-12)}

注

注1-1) 戦前における集合住宅の建設数が分かるものでは、同潤会が建設する同潤会アパートが2,500戸程度。その他に、参考文献1-1)によると、1919年から公営住宅が供給されるようになった。

注1-2) 1955年に日本住宅公団が設立し、その後1981年に住宅・都市整備公団に改称(宅地開発公団と統合)、1992年に都市基盤整備公団に改組、2004年に独立行政法人都市再生機構(UR)と名称や体制が変遷している。なお、本研究では当時の名称で呼ぶこととする。

注1-3) 参考文献1-2)によると、日本住宅公団の設立主旨が「住宅の不足の著しい地域において、住宅に困窮する勤労者のために耐火性能を有する構造の集団住宅および宅地の大規模な建設を行う」ことであった。一方で、マンションと呼ばれるものは、民間が都心居住者向けに建設したものであり、つまりは少量で高級なものであった。このように出発点においては相違があったが、その後、用地取得の容易な近郊や郊外へ民間の建設が移行してきたことから、1972年頃にはほぼ同質であると述べられている。

注1-4) 分譲マンションとは、中高層(3階建て以上)・分譲・共同建て、鉄筋コンクリート、鉄骨鉄筋コンクリート、または鉄骨造の住宅を言う。本研究では、参考文献にある、共同住宅の持ち家(参考文献1-3)、分譲住宅共同建て(参考文献1-4、参考文献1-5)、新設マンション(参考文献1-6)、民間の集合住宅(参考文献1-7)、1-8)、1-9))などを総称して分譲マンションと表記している。

注1-5) 全国の統計において、一戸建てに比べて集合住宅の着工数の伸び率は高い。参考文献1-5) p.4の図2-2によると、全国の建て方別住宅数の1983年から2013年までの推移では、一戸建ては2,231万戸から2,860万戸(128.2%増)。共同住宅(賃貸も含む)は933万戸から2,209万戸(237.8%増)であり、共同住宅は倍以上に増えていることが分かる。

次に、参考文献1-10)によると分譲マンション2016年現在、分譲マンションの住戸総数は633万戸を超えている。また、参考文献1-6) pp.46-49によると、分譲住宅の新設着工戸数に占めるマンションの割合は、いまだ50%を前後している。建築基準法改正や金融ショックにより2009年には41.2%まで減少したが、再び上昇している。

他にも、住宅投資は景気全体に与える影響が大きいため、今後も分譲マンションの着工数は減少しないと考えられる。参考文献1-6) p.40に《住宅着工床面積と単位面積当たり建築費との積として表される住宅投資はGDPに占める割合が高く、景気全体に与える影響も大きいことから、新設住宅着工床面積は、景気動向のバロメータとしても重要な指標であり、景気動向指数(内閣府)の先行指標にも採用》とある。また、昨今では所有者や供給者への経済的インセンティブとして「省エネ住宅ポイント制度」「フラット35S」「住宅・建築物省CO2先導事業」などが運用されていることも、着工数が減少しない条件のひとつである。

注1-6) ここで呼ぶnLDKは、参考文献1-12)のp.121において《集合住宅型》としていううち北側片廊下タイプであり、参考文献1-13)において《広く普及し、定式化されたのが、いわゆるnLDK型(nは個室の数を表す)の間取り》と述べられ、参考文献1-14)に

において《寝室の増加は、分譲つまり住宅保有に伴う充実要素として…3LDKは、現在の分譲マンション住戸の原型としてほぼ完成した》と述べられているものを指す。

注1-7) 例えば、参考文献1-14)「マンションは商品として熟成したか? -改新に向け「建築計画」が果たしうる役割-」、によれば、定型化したnLDKを改新できるのかという提言がなされており、参考文献1-15)の94年04月の特集「“L空間”はどうか -都市住宅の新たな模索-」によれば、利用者が所有している家具の傾向からnLDKのLが変わる可能性について述べられている。

注1-8) 例えば、時間的に多様な計画が実現可能な住戸として、鈴木成文により提案された順応型住宅(1971年)や、内田祥哉により企画立案されたKEP(1973年)などが挙げられる。

注1-9) 参考文献1-16)において《1)両側を隣の住戸に挟まれた二面開口の間口狭小平面、2)北側片廊下のアクセス、3)北側ポーチ・共用廊下に面する二私室および南面したりビングと一私室の3LDK、4)水まわりは平面奥行中央部への配置》と定義されている。

注1-10) 参考文献1-14)によると、《3LDKで供給されるものが73%にのぼり、4LDKは約10%。》と言及されている。

注1-11) 参考文献1-10)、参照。

注1-12) 参考文献1-11)、参照。

1. 1. 2. 省エネルギーと快適性の現在

日本において、環境問題に対策が施されるのは1980年の省エネルギー法（エネルギーの合理化に関する法律）の制定がはじまりである。その後、生活水準の向上などを鑑み、Table 1-1にあるように改定が繰り返されてきた。直近では、「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律（建築物省エネ法^{注1-13)}」（以下、H28基準）が2017年4月に施行された。とりわけ、2013年の改正省エネルギー基準において、性能規定である一次エネルギー消費量の評価が加わったこと、2020年に性能規定への完全移行が重大な変更点であり、建築デザインが応えるべき要求となっている。詳しくは後述するが、この変更は、設備や断熱の仕様向上といった部分のみの対応に留まらず、住戸内平面計画や設備計画も含む建築デザインによる統合的な解決を求めていると言える。

Table 1-1 建築物に関する省エネルギー基準改正の変遷

年	1980	1992	1999	2001	2013	2017	2020
法律	エネルギーの使用の合理化に関する法律 (省エネルギー法)					建築物のエネルギー消費性能の 向上に関する法律 (建築物省エネ法)	
基準	旧省エネ ルギー基 準	新省エネ ルギー基 準	次世代省 エネルギー 基準	—	改正省エ ネルギー 基準	—	
略称	S55基準	H4基準	H11基準	住宅性能 表示制度	H25基準	H28基準	
概要	—	—	—	第三者に よる認定	—	住宅(300㎡以上) 届出義務化	全建物 適合義務化

さらに、2001年以降、住宅性能表示制度の表示を行ってきた集合住宅の中でも分譲マンションについては、仕様規定を準用してきたことにより高断熱高気密化が進んでいる。なお、本研究の調査対象はすべてH11(1999)年基準の仕様規定で設計されたものであり、ストック全体の上位5%に属する(Fig. 1-2)。そのような高断熱高気密な性能を持ち、小さい期間暖冷房負荷(以下、暖冷房負荷)が実現できている住戸は、昨今の研究から快適性や健康性に対する影響が大きいことも明らかになってきている。具体的には、参考文献1-18)によると《作業能率の向上、心理・生理ストレスの減少、健康の増進、衛生の確保、疾患の予防などが確実にある》といった記述に現れている。これらの状況から、消費エネルギー量が小さいことと、快適性が高いことは表裏一体であることが指摘できる。これらから、建築の設計をする際に消費エネルギー量を減らすことが、重要な要素のひとつとなりつつある状況があると言える。

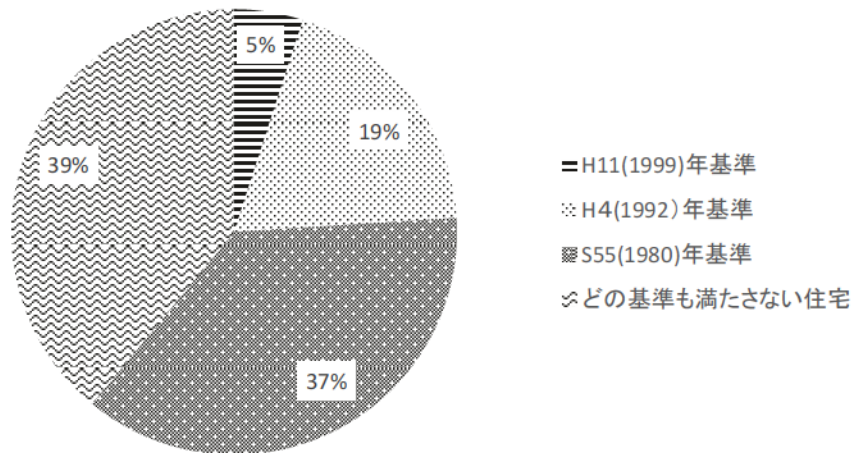


Fig. 1-2 全国における集合住宅の断熱等級^{注1-14)}

注

注1-13) 参考文献1-17)によると、1974年と1979年のオイルショックを契機とした省エネルギー対策の推進を目的に1980年に省エネルギー法が制定された。その後、生活水準の向上に伴い段階的に外皮（外壁や窓など）の熱性能などの基準が引き上げられる。特にH25基準の際に、大幅な改定があり、H11基準と同様の外皮の熱性能に加えて、建物全体の省エネルギー性能を把握できる基準「一次エネルギー消費量」を指標として評価することとなった。現行の建築物省エネ法の基準は、H25基準を引き継ぐものであるが、その基準を2020年までに全建物に対し適合義務化を求める点が特筆する点である。

注1-12) 参考文献1-18)、p.17 参照。

1. 1. 3. 研究の目的

集合住宅は我が国における建設数の多い建築タイプのひとつであり、適切な住戸内平面計画を明らかにすることで、現状でも年間10万戸^{注1-15)}を超える住戸がつけられていることから、優良な集合住宅の増加に大きな役割を得ることができると考えられる。そのためには、耐震性やバリアフリーの他に、消費エネルギー量の削減は欠かせない。一般的な対策として躯体の高断熱高气密化や機器の高効率化が挙げられるが、適切な住戸内平面計画によっても消費エネルギー量の削減が可能であることが明らかになれば一戸の削減量がわずかであっても、全体で見ると大きな二酸化炭素排出量の削減効果が期待できる。

次に、環境性能^{注1-16)}の適合義務化を契機に、消費エネルギー量の削減を達成しながらも、分譲マンションに見られるnLDKといった住戸プランのバリエーションを増やすことができないかと考えた。

そこで本研究では、3つの断熱に係る設計指標（「U_A値^{注1-17)}」「温度差あたりの外皮熱損失量^{注1-18)}（以下、q値）」「日射熱取得量^{注1-19)}（以下、m_h値及びm_c値）」と、暖冷房における消費エネルギー量を定量化できる「期間暖冷房負荷（以下、暖冷房負荷）^{注1-20)}」を、設計に反映可能な専有面積や間口といった要素と組み合わせた、大量なデータベースを作成する。そのデータベースに基づく分析や暖冷房負荷の抑制に寄与する専有面積や間口といった要素を示すことで、断熱やガラスの仕様に留まらず、住戸内平面計画の操作、すなわち建築デザインにより消費エネルギー量を削減する手法を導くことができる。これらによって、消費エネルギー量の削減を達成しながらも住戸内平面計画のバリエーションを増やすことができないかと考えられる。

なお、詳しくは後述するが、本研究では、住戸内平面計画の設計時に取り扱えるものを「住戸形状」の要素と呼び、取り扱えないものを「外的条件」と呼ぶ。

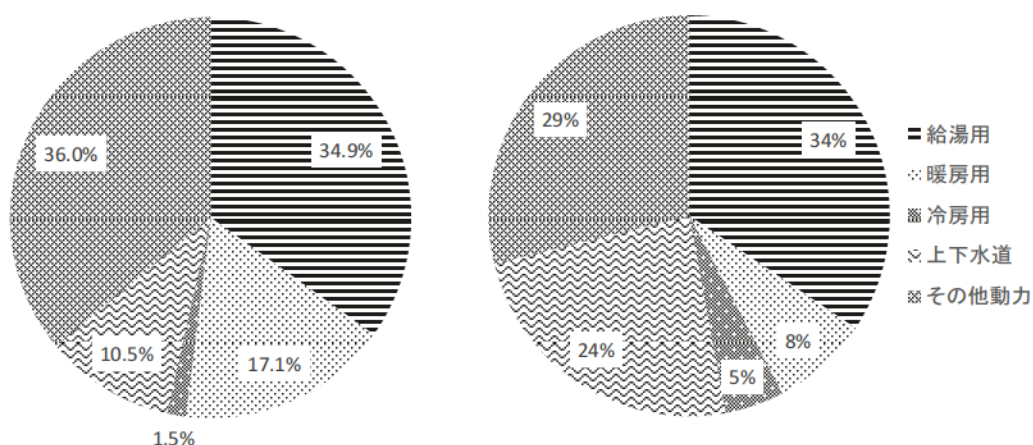


Fig. 1-3 東京都における家庭部門のエネルギー消費量の用途別割合^{注1-21)}

Fig. 1-4 調査対象全体のエネルギー消費量の用途別割合^{注1-22)}

集合住宅を含む住宅全体における年間の消費エネルギー量において、暖房負荷（17.3%）に比べ冷房負荷（1.5%）が、小さいことは Fig. 1 - 3 のように明らかとなっている。補足的に、本研究の調査対象のシミュレーション結果による消費エネルギー量の割合を Fig. 1 - 4 に示す。ほかにも、冷房負荷の割合は小さい^{注1-23)}と示されている。しかしながら、冷房時の消費エネルギー量を削減することにより、室内のオーバーヒートの抑制や、設置する空調機器のダウンサイジング、電力のピークカット、暖冷房に頼らない中間期の拡大に寄与するなど、複合的なメリットを多く得られる。また、いずれかの季節を優先して計画することによって、一方の季節の快適性が阻害されていることも否定できないため、冷房と暖房負荷両面でのデータベースの作成と分析例、手法を示すことが必要であると考えられる。

最後に、本研究において分譲マンションを対象とする意義は、建設の時期や地域を限定すれば断熱材やガラスの物性値が同質である住戸が多くあり、住戸内平面計画の住戸形状の操作により消費エネルギー量の削減が顕在化しやすいことが挙げられる。それは、近隣建物の有無や方位、住戸位置、階数に関わらず、同じ仕様で分譲マンションを建設している現状に対する改善を視野に入れている。従って、本研究の結論は、分譲や賃貸という建設方式によらず集合住宅全体に適用可能性があると考えている。

以上を踏まえ、本研究は下記の4点を目的とする。

1) データベースの作成

分譲マンションが建設される背景を十分に考慮し、適切な住戸内平面計画の要素を抽出する。同時期に建設された21棟2,229戸の住戸に関する建築図面を入手し、住戸内平面計画の実状について、住戸内平面計画の要素を物理的な寸法や比率により定量化を行い、要素別に傾向を把握する。

2) 断熱に関わる設計指標の有効性を把握

各断熱に係る設計指標と住戸内平面計画の実状を反映した暖冷房負荷を比較し、住戸内平面計画の要素別に、各断熱に係る設計指標と暖冷房負荷の傾向や関係、断熱に係る設計指標の有効性を散布図により明らかにする。

3) 暖冷房の消費エネルギー量を削減できる住戸内平面計画の要素や方位と開放面数の組合せの把握

方位や開放面数、隣棟建物の有無などの外的条件を揃えたデータベースを作成する。それをもとに暖冷房負荷及び有効な断熱に係る設計指標と住戸内平面計画の要素の相関関係を散布図により示し、データベースの可能性を明らかにする。

4) 住戸内平面計画により消費エネルギー量を削減する手法（ベンチマーク）の提示

設計者が詳細なシミュレーションを行わなくても、設計の工夫により消費エネルギー量を削減できる手法を重回帰分析により明らかにする。

注

注1-15) 2016年の国土交通省住宅着工統計(平成28年計)によると、分譲住宅におけるマンションの建設戸数は114,570戸となっている。なお、首都圏は64,769戸である。首都圏とは、国土交通省住宅局の住宅市場動向調査や長谷工総合研究所「CRI」などで定義されている、東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県を対象とする。

注1-16) 環境性能とは、集合住宅の専有部においては、外皮性能(U_A 値、 η_A 値)を基準値以下とし、一次エネルギー消費量(BEI)を1.0以下とすることである。 U_A 値や η_A 値の基準値は、平成24年経済産業省・国土交通省告示第119号に定められている。外壁、壁などを通した熱の損失の防止に関する基準において、全国を気象条件により8地域に区分し、それぞれの地域において基準値以下であることとしている。一次エネルギー消費量(BEI)とは、暖房設備、冷房設備、機械換気設備、照明設備、給湯設備についてそれぞれ算出した一次エネルギー消費量とその他一次エネルギー消費量(家電による消費分)を合計することにより得られる。それぞれの数値の計算方法については、告示において定められている。実際の算出に当たっては、国立研究開発法人建築研究所のWeb算定プログラム(<http://house.app.lowenergy.jp/>)に必要な情報(外皮や設備の仕様など)を入力することにより行う。

注1-17) U_A 値($W/m^2 \cdot k$)とは、単位温度差あたりの「外皮総熱損失量(q 値)(W/K)」を、「外皮表面積(m^2)」で除した値である。

注1-18) 温度差あたりの外皮熱損失量(q 値)(W/K)とは、外壁や屋根、開口部など外周部の構造体ごとに、外皮面積 \times 熱貫流率 \times 温度差係数=熱損失量を計算し、すべての熱損失量を合計したものである。

注1-19) 暖房期の日射熱取得量(m_h 値)($W/(W/m^2)$)とは、暖房期間中、壁体やガラスなどを透過及び吸収され、室内に伝達する日射熱の合計を、入射する日射熱の合計で除した値である。これは、方位や庇などの日除け、ガラスの特性を考慮した値である。冷房期の日射熱取得量(m_c 値)($W/(W/m^2)$)とは、冷房期間中の断熱に係る設計指標である。

注1-20) 暖房負荷($MJ/年 \cdot 戸$)とは、設定された温度に室内を維持するために必要な熱量のことである。また、暖房負荷は、 U_A 値に外皮面積と内外温度差を乗算し、おおよその見当をつけることができる。実際には、外皮や室間の損失、日射取得(外皮と侵入分)や夜間放射、蓄熱負荷、換気による損失、内部発熱といった項目が関係し、本研究の暖房負荷は、シミュレーションソフトを使用して算出し、いずれの項目も反映させた結果である。

冷房負荷($MJ/年 \cdot 戸$)とは、設定された温度に室内を維持するために必要な除去する熱量のことである。また、冷房負荷は、外皮熱損失量(W/K)に内外温度差を乗算したものと、日射熱取得量($W/(W/m^2)$)に日射強度(W/m^2)を乗算したものを加算することで、おおよその見当をつけることができる。実際には、外皮や室間の損失、日射取得(外皮と侵入分)、夜間放射、蓄熱負荷、換気による損失、冷房負荷を押し上げる照明や機器、人体といった内部発熱の項目が関係する。本研究の冷房負荷は、シミュレーションソフトを使用して算出し、いずれの項目も反映させた結果である。

注1-21) 参考文献1-20)、参照。

注1-22) 本研究は、図面の提供を建設主体に依頼している。その建設主体では、住宅性能表示制度に対応した性能表示に留まらず、住戸ごとの消費エネルギー量をシミュレーションにより給湯、暖冷房、上下水道、その他動力(家電)を「コスト」で提示する「マンション家計簿」の配布を行っている。本研究の調査対象は、そのマンション家計簿の対象物件となっており、調査対象全体を平均して図に示した。

注1-23) 参考文献1-21) によると、全国における年間世帯あたり消費量の平均値は、冷房(1GJ) : 暖房(7.2GJ) = 1 : 7.2、最頻値は、冷房(0.6GJ) : 暖房(2GJ) = 1 : 3.3の違いがあり、《冷房は暖房に比べ1桁消費量が少ないことが分かる》と述べられている。本研究の標本の平均値は、冷房 : 暖房 = 1 : 1.7、最頻値は、冷房 : 暖房 = 1 : 1.9である。なお、この違いは、参考文献1-21) の標本が寒冷地や戸建ても含んでいるためと考えられる。

1. 2. 研究の方法と構成

本研究では、以下のような方法と構成によりまとめている (Fig 1 - 5)。

本研究の最初では、研究の背景と目的、研究の方法と構成、既往研究と研究の位置付けについて、第 1 章序論としてまとめている。

本章に続き、2 章では、分譲マンションと住戸内平面計画に関する変遷から 3 LDK の成立背景及び、消費エネルギー量の削減と住戸内平面計画に関する変遷について概観する。次に、消費エネルギー量の削減を達成しながらも住戸内平面計画のバリエーションを増やす糸口を見いだすため、定型化された住戸内平面計画について書かれた既往研究に挙げられた要素と、消費エネルギー量の削減の条件に対応する要素より、それぞれに合致する要素を抽出する。

3 章では、調査対象の妥当性を検証する。続けて、調査対象の中から定型化されており、住戸数の多い 3 LDK (1,603 戸) のみを取り出し、住戸形状の要素別に傾向を把握している。さらに、同一の外的条件による住戸の比較を行うために、隣棟建物の影響がない住戸 (702 戸) のみを取り出し、方位と開放面数の組み合わせによる住戸タイプごとの標本数を確認する。

4 章では、住戸内平面計画における住戸形状の各要素について、3 LDK に基づくデータベースを用いて、シミュレーションツールによって算出された暖冷房負荷及び断熱に係る設計指標を、開放面数ごとに層別した散布図で比較を行っている。

次に、隣棟建物の影響がない住戸に基づくデータベースを用いて、方位ごとに層別した散布図で比較を行っている。それをもとに暖房負荷及び有効な断熱に係る設計指標と各住戸形状の要素との分析例を示し、住戸形状の要素によって消費エネルギー量を削減する可能性を明らかにする。

5 章では、住戸形状の要素別に冷房負荷と断熱に係る設計指標の傾向や関係、断熱に係る設計指標の有効性を明らかにする。手法は、4 章と同様である。

6 章では、暖房負荷と冷房負荷それぞれにおいて、消費エネルギー量の削減に寄与する住戸形状の要素を重回帰分析によって明らかにする。また、住戸タイプ別に標準偏回帰係数を用いて暖房負荷と冷房負荷を比較し、住戸形状の各要素における係数の影響度や有意性ならびに係数が相反する傾向にないか確認をする。これらから、住戸形状の要素により、どのくらいの消費エネルギー量を削減することができるかを提示する。

7 章は、2 章から 6 章で得られた結論を総括した上で、これらに基づいた提言を加えている。それによって、消費エネルギー量を削減することができる住戸形状の寸法や比率の操作を行うことで、定型にとらわれない 3 LDK の住戸内平面計画の具体例を提示する。

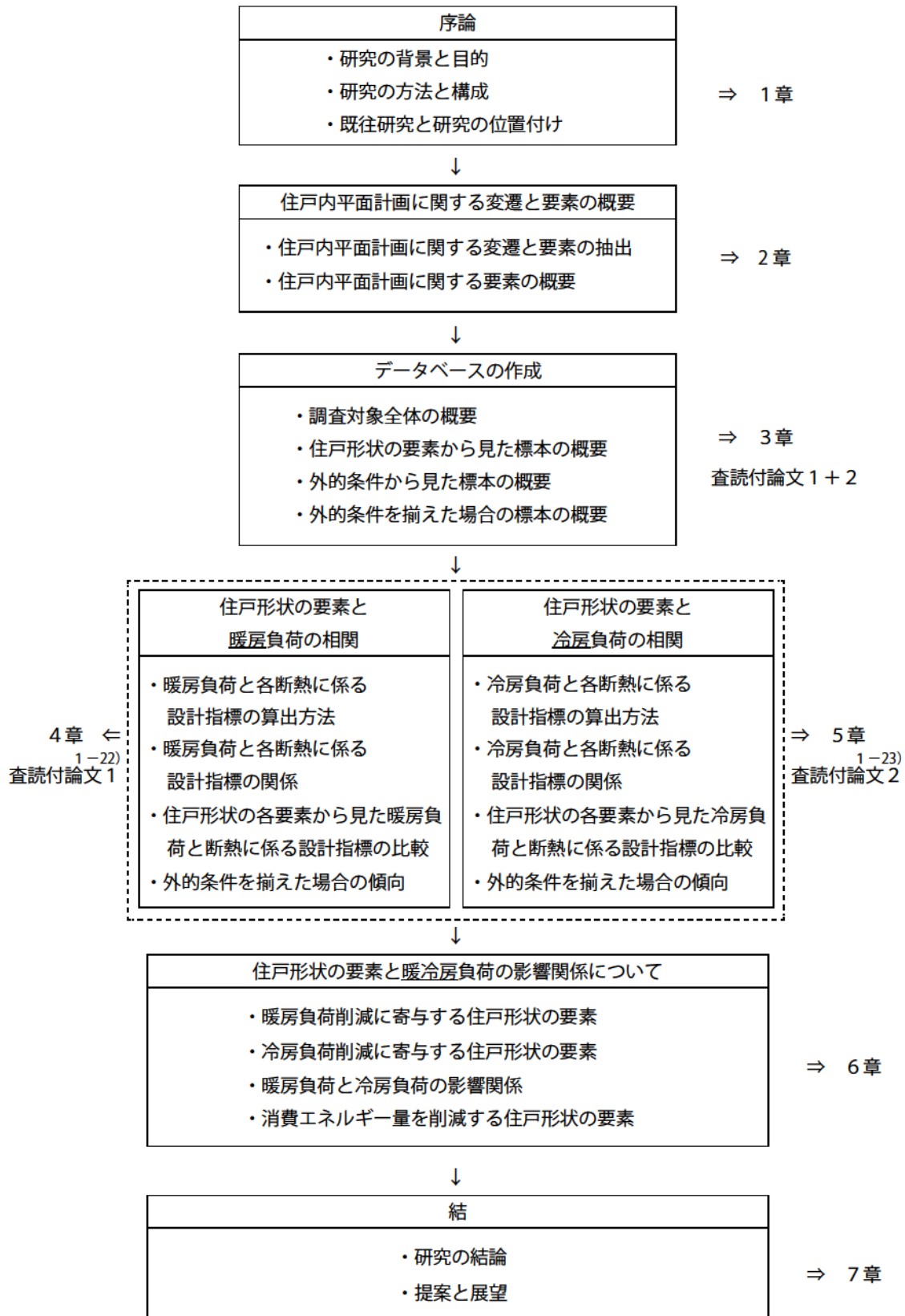


Fig. 1-5 研究のフローチャート

1. 3. 既往研究と研究の位置付け

これまでの集合住宅の住戸内平面計画に関する研究は、戦前までさかのぼることができる。しかし、ここでは住戸内平面計画の標準化がオイルショックを契機にひと段落（1970年代以降）し、その後の工業化の意図とは裏腹に商品化が敷衍する1980年代以降に焦点をしばり、住戸内平面計画のバリエーションを増やすことを目的にした既往研究に触れたい。なお、上述した集合住宅の変遷は2章において詳しく述べる。消費エネルギー量に関する既往研究についても、時代背景を揃える意味でも、同様の時期以降を中心に述べる。

1. 3. 1. 集合住宅の住戸内平面計画に関する既往研究

商品化が敷衍した時代以後における集合住宅の住戸内平面計画に関する研究には、住戸内平面計画が3LDKに定型化されてきた要因を分析したもの¹⁻¹⁶⁾や、住戸内平面計画が多様となる傾向にある大型住戸の建設を阻害する要因を分析¹⁻²⁴⁾したものがあり、これらは住戸内平面計画のバリエーションを増やすことを目的として、大型住戸への誘導を提起している。他方、80年以降の超高層を含めた分譲マンションをストックとして見出していくため、住戸内平面計画、断面計画、設備計画の要素を主成分分析し、要素同士の影響構造を明らかにしたものの^{1-7) 1-8)}がある。さらに、その影響構造をもとに適切に改修更新されていくスケルトンの許容量をキャパシティという概念で提示したもの¹⁻⁹⁾がある。これらは、設計時に検討できる要素の影響構造を明らかにし、インフィルの更新しやすさとなるキャパシティという概念を提示している。いずれの研究も、より良い住戸内平面計画や空間を検討する上で、重要な視座を提供している。以上より、住戸内平面計画のバリエーションを増やすことを目的に、文献調査、数理モデルや統計解析を行った研究があるが、住戸内平面計画の要素によって消費エネルギー量の削減に寄与することを明らかにしている既往研究は見られなかった。

1. 3. 2. 集合住宅の消費エネルギー量に関する既往研究

これまでの集合住宅の消費エネルギー量に関する研究は、アンケート調査¹⁻²¹⁾や実測調査^{1-25)、1-26)}により電気ガス水道の消費量を把握したものがある。いずれも、総量の把握とライフスタイルとの関係を分析し、最終的には消費エネルギー量の削減に寄与する要素として、世帯人数や保有機器台数であることを明らかにしている。また、これらは20年以上前のものであり、その後の機器の効率化や躯体の高断熱化が進んだのちの調査については、建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律（建築物省エネ法）の下地となる参考文献¹⁻²⁷⁾がある。ここでは、実測とシミュレーションを組み合わせ、集合住宅における消費エネルギー量のデータベースを作成している。このデータベースは消費エネルギー量の基準値を作成するためのものであり、あるモデル住戸をベースに住戸位置や方位を変数とし、パラメトリックに展開し消費エネルギー量の傾向を把握している。立地や住戸プランといった実状に即したかたちで、住戸内平面計画の工夫と消費エネルギー量の削減の関係について明らかにしたものではない。その他に、データベースの作成に重きを置いたものとしては、長野市の住宅を対象に断

熱気密性能と温熱環境の関係についてデータベースの作成と分析例を示したもの¹⁻²⁸⁾がある。非住宅を対象に、国土交通省が支援するかたちで、全国における非住宅の建物の概要とエネルギー消費量に関するデータベースを作成したもの¹⁻²⁹⁾がある。以上より、消費エネルギー量の削減を目的に、実態調査や、シミュレーションの活用、データベースの作成を行った研究があるが、住戸内平面計画の要素によって消費エネルギー量の削減に寄与することを明らかにしている既往研究は見られなかった。本研究では暖冷房負荷のシミュレーションを行うが、そういった環境に関するシミュレーションソフトを使い、戸建住宅の空間性と環境的な評価をハイブリッドさせたものとして、コートハウスを対象に住空間と光環境の関係性¹⁻³⁰⁾や、北海道の住宅を対象に住居の間を中心とした空間と温熱環境の関係性を体系的に比較したもの¹⁻³¹⁾がある。これらは、シミュレーションにより、定性的な空間を定量的に捉えることにより、よりよい空間を検討する上で、重要な視座を提供している。

1. 3. 3. 研究の位置付け

集合住宅の住戸内平面計画に着目した既往研究は、オイルショックを契機に工業化や商品化が進展し、その後も強い経済に押されて集合住宅の質が変容していく過程で、改めて住人（利用者）の視点に立ち、住戸内平面計画のバリエーションを増やす必要性を指摘し、それを実現するために専有面積の大型化を進める必要があることを述べたものや、スケルトンのキャパシティを設計の指標とすることを提案したものがあつた。それに対し本研究では、これらの研究の指摘や提案を受け、集合住宅の建設主体に協力を仰ぎ、実際に建設した大量の集合住宅を調査対象としている。さらに、2,000戸を超える調査対象すべてにおいて、近隣建物や詳細断面、断熱貼り分け図といった一般図以外の詳細な図面も取得している。その調査対象の情報から、設計に反映可能であり、実状のまま住戸形状の要素を抽出しデータベースを作成する点が独自の視点である。なお、設計に反映可能な住戸形状の要素とは、間口（m）の寸法や開口（㎡）の比率といった寸法や比率に置き換えられるものである。

次に、集合住宅の消費エネルギー量に着目した既往研究は、消費エネルギー量の削減という社会の要請に応える過程で、社会の動向を占うべく消費エネルギー量の総量を把握する必要があることを述べ、アンケート調査や実測、モデル住戸のシミュレーションにより、住戸位置や方位別の傾向を把握したものであつた。それに対して本研究では、これらの研究の目的意識を受け、詳細な図面情報と大量の調査対象から、実状に即したシミュレーションを行っている。さらに、シミュレーションの結果を目的変数とした、住戸内平面計画の設計に反映可能な要素を説明変数とした多変量解析が可能となるデータベースの作成を行った。このデータベースによって、住戸形状の要素と消費エネルギー量の関係について分析する点が独自のものである。そのため、本研究の成果は、集合住宅の住戸内平面計画の手法に関して有用な知見を与えるものと考えられる。

参考文献

- 1-1) 萩田武 他：公営住宅・居住者運動の歴史と展望，pp.29-30，法律文化社，1989.10
- 1-2) 松村秀一：住宅という考え方，p.171，東京大学出版社，1999.8
- 1-3) 総務省統計局：国勢調査
- 1-4) 国土交通省総合政策局 他：建設統計要覧 平成22年版，2010.6
- 1-5) 総務省統計局：平成25年住宅・土地統計調査速報集計，総務省統計局，2014
(<http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2013/pdf/giy00.pdf>) (参照2014.2.4)
- 1-6) 住宅経済研究会：住宅経済データ集2014年度版，住宅産業新聞社，2014.11
- 1-7) 門脇 耕三，深尾 精一：集合住宅における住戸各部の計画内容の影響関係，日本建築学会計画系論文集，第588号，pp.63-69，2005.2
- 1-8) 門脇 耕三，深尾 精一：超高層住宅と中高層住宅における住戸の建築特性の比較分析，日本建築学会計画系論文集，第601号，pp.73-80，2006.3
- 1-9) 門脇 耕三：集合住宅における住戸の建築特性の影響構造，日本建築学会計画系論文集，第651号，pp.1103-1110，2010.5
- 1-10) 国土交通省：マンションに関する統計・データ等 分譲マンションストック戸数（平成28年末現在）(<http://www.mlit.go.jp/common/001184494.pdf>) (参照2018.3.4)
- 1-11) 都市基盤整備公団：平成16年度決算 I 平成16年6月末までの事業実績概要
(<https://www.ur-net.go.jp/jkoukai/pdf/ur2004keiri0091.pdf>) (参照2018.3.4)
- 1-12) 鈴木 成文：住まいを読む，建築資料研究社，1999.2
- 1-13) 川崎 寧史，山田 あすか：テキスト建築計画，学芸出版社，p.34，2010
- 1-14) 山本 理：マンションは商品として熟成したか？，CRI，no.237，pp.2-11，長谷工総合研究所，1998.5
- 1-15) 沢田 知子：L空間はどうなるか，CRI，no.188，pp.14-15，長谷工総合研究所，1994.4
- 1-16) 佐々木 誠，花里 俊廣：新築民間分譲マンションにおける住戸定型化とその要因の分析，日本建築学会計画系論文集，第535号，pp.59-66，2000.9
- 1-17) 立石 眞，藤井 正一：住宅の新省エネルギー基準と指針 新省エネルギー基準の考え方 建設省住宅局住宅生産課，pp.1-7，1992.2
- 1-18) 坂本 雄三：特集 住宅の省エネ化に向けて 震災後の省エネルギー住宅 施策と技術，住宅金融普及協会 季報「住宅金融」2011年度冬号，p.22，2011.2
- 1-19) 国土交通省：既存住宅ストックの現状について 住宅ストックの性能 断熱（平成24年集計），(<http://www.mlit.go.jp/common/001105108.pdf>) (参照2018.3.4)
- 1-20) 東京都環境局：「家庭のエネルギー消費動向実態調査（平成26年度実施）」
(<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/climate/home/energy.html>) (参照2018.3.4)
- 1-21) 水谷 傑，井上 隆，小熊 孝典：住宅内における用途別エネルギー消費と住まい方の実態に関する研究 アンケート調査に基づく分析，日本建築学会環境系論文集，第609号，pp.117-124，2006.11

- 1-22) 二瓶 士門, 佐藤 慎也, 平生 進一: 外皮平均熱貫流率及び暖房負荷のデータベースの作成と分析例 温熱環境に配慮した分譲マンションの住戸計画に関する基礎的研究, 日本建築学会計画系論文集, 第 717 号, pp. 2429-2437, 2015.11
- 1-23) 二瓶 士門, 佐藤 慎也, 平生 進一, 田崎 敦士: 住戸計画と冷房負荷の関係を把握するためのデータベース作成と分析例 温熱環境に配慮した分譲マンションの住戸計画に関する基礎的研究 その 2, 日本建築学会計画系論文集, 第 747 号, pp. 821-831, 2018.5
- 1-24) 花里 俊廣, 佐々木 誠, 大竹 友美, 平野 雄介: 首都圏で供給される民間分譲マンション大型住戸の建築計画上の特徴, 日本建築学会計画系論文集, 第 570 号, pp.9-15, 2003.8
- 1-25) 日本建築学会: 日本の住宅におけるエネルギー消費, 日本建築学会, 2006.10
- 1-26) 集合住宅における住戸属性と年間エネルギー消費量の分析, 日本建築学会計画系論文集, 第 445 号, pp53-61, 1993.3
- 1-27) 独立行政法人建築研究所 他, 住宅の省エネルギー基準に関する検討 調査報告書, 国土交通省, 2011.3
- 1-28) 長谷川 兼一, 黒柳 博晃, 山岸 明浩, 河路 友也, 山下 恭弘: 断熱気密住宅における気密性能と温熱環境の特性に関する考察 長野市を中心とした戸建住宅の温熱環境データベースを用いた考察, 日本建築学会計画系論文集, 第 536 号, pp. 29-34, 2000.10
- 1-29) 高口 洋人, 井筒 進平, 鷺谷 聡之, 亀谷 茂樹, 半澤 久, 吉野 博, 浅野 良晴, 奥宮 正哉, 下田 吉之, 村川 三郎, 依田 浩敏, 坂本 雄三, 坊垣 和明, 村上 周三: 非住宅(民生業務部門)建築物の環境関連データベース(DECC)の構築と解析 その1 基礎データベースの構築, 日本建築学会環境系論文集, 第 678 号, pp. 699-705, 2012.8
- 1-30) 村田 涼, 金子 明日美: 現代日本のコートハウスにおける中庭周りの断面構成と冬期の光環境, 日本建築学会計画系論文集, 第 700 号, pp.1321-1327, 2014.6
- 1-31) 藤原 紀沙, 村田 涼, 湯浅 和博, 安田 幸一: 北海道の現代住宅における主空間の形状と温熱環境の関係性, 日本建築学会計画系論文集, 第 708 号, pp. 315-322, 2015.2

2章 住戸内平面計画に関する変遷と要素の概要

本章では、分譲マンションに関する住戸内平面計画の変遷を概観するとともに、住戸内平面計画の住戸形状の操作により消費エネルギー量を削減する可能性について考察し、画一的な住戸内平面計画からの打開の糸口を明らかにする。そのことから、住戸内平面計画に関する要素の抽出を行う。

2. 1. 住戸内平面計画に関する変遷と要素の抽出

2. 1. 1. 分譲マンションと住戸内平面計画の変遷

1) 住宅不足の解消 戦後（1945 年以後）

この時期は、まだ分譲マンションの建設は行われていない。一方で、住戸内平面計画に影響を与えた計画研究の確立期とも言えるこの時期における代表的な研究は、西山卯三の住み方研究、吉武泰水の使われ方研究である。西山による「食寝分離論」は戦後の住宅計画研究に多大の影響を与え、建築計画学確立の基礎ともなった^{注2-1)}。

集合住宅がある程度まとまって建設されはじめたのは、戦前であれば数千戸単位で建設された同潤会アパートなどが挙げられるが、戦後に比べると多くはない。戦後に入り 420 万戸の住宅不足を解消するため、地方自治体により応急の極小住宅や集合住宅の建設が行われてきた。その公営住宅において住戸内平面計画について述べるならば、食事のできる台所を持った、いわゆる DK 型（1951 年）が見られる。これは、食寝分離論の延長線上で、吉武泰水や鈴木成文らにより 1951 年度国庫補助住宅の 51C-N 型（Fig. 2-1）が提案された影響であり、その後の 1955 年に設立される日本住宅公団にも影響を与えることとなる^{注2-2)}。

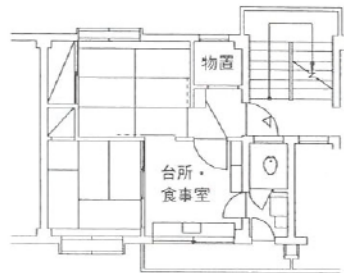


Fig. 2-1 国庫補助住宅 51C-N 型平面図^{注2-3)}

2) 標準化と工業化の進展 高度成長期 (1955 年以後)

戦後の住宅不足から公営住宅法が 1951 年に制定され、その解消が進んだが、1955 年の時点でも 270 万戸の住宅が不足していた。さらなる解消のためにつくられた日本住宅公団の設立が 1955 年である。その日本住宅公団は、標準化という手段を選択し^{注2-4)}、51C-N 型に影響を受けた 63 型に代表される同様な住戸内平面計画を持った住戸を大量に建設しはじめた。同時期に、民間デベロッパーも集合住宅 (1956 年)^{注2-5)} の建設をはじめたが、日本住宅公団とは異なり、都心近くに立地する高級集合住宅を「マンション」と呼び、少量ながら建設をはじめた状況であった。その後、民間が集合住宅、とりわけ分譲マンションの建設に参入するのは、区分所有法が制定される 1962 年以降である。その後、1966 年以降に民間ローンが普及し、多くの民間事業会社が参入することとなる。日本住宅公団は、63 型以降も標準設計により、工事費、工期、家賃設定を単純化し、大量建設を行う。なお、オイルショックの前年 (1972 年)、63 型の住戸内平面計画の改変は禁止^{注2-6)} された。民間における標準設計の取り組みとしては、長谷工のコンパスシステム (1973 年) がある。独自の標準設計のシステムを導入し、品質の安定やコストの低減を実現した^{注2-7)}。

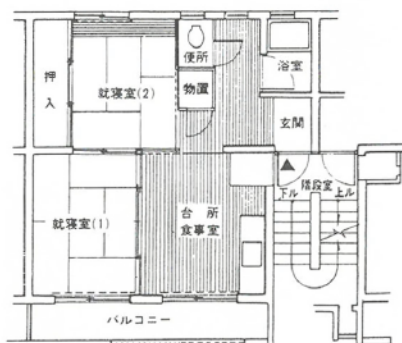


Fig. 2-2 51C-N 型に影響を受けた 63 型の平面図^{注2-8)}

1965 年頃に、集合住宅における住戸内平面計画の研究の潮流が変わる。建設費の上昇や労働力の不足といった生産からの要請により、住宅生産の合理化・工業化、及び建築材料や部品の規格化が進展する。当初の意図とは裏腹に、工業化は「商品化」と結びついていく。その結果、画一化・標準化・宣伝費によるコストアップなどに見られるように、建設主体と住む人 (利用者) の乖離を生んでしまうこととなった^{注2-9)}。また、生産の合理化だけでなく、メートル法への改正 (1966 年) による工業化も住戸内平面計画への影響が大きく、池辺陽らを中心としたモジュールに関する研究が 1957 年から 61 年にかけて行われている。そして、ビルディングエレメント (BE) の研究が登場し、その後「構法計画」として発展する^{注2-10)}。

このような標準化・工業化・商品化が進展した時期の住戸内平面計画の特徴のひとつとしては、フロンテージが広く計画されることが指摘できる。その要因は、住戸設備に関するものであった。給湯設備の給排気、浴室や便所の局所換気のため、住宅設備を外壁に面して配置されることが原則であった^{注2-11)}。その他の特徴としては、構造に関して、壁式構造を選択し、鉄筋量の削減による建設コストの削減^{注2-12)}や、大量の建設のためにも構造計算が簡易であることが挙げられる。

1970年頃になると、画一化や標準化によって失われていた住戸内平面計画の時間軸の多様性に対する提案があった。構法計画の側面から見ても実験的な初期の取り組みとして、鈴木成文により提案された順応型住宅（1971年）^{注2-13)}や、内田祥哉により企画立案されたKEP（1973年）などが挙げられる。しかし、なかなか一般に理解されず、新たな標準型となる順応型として受け取られる向きさえもあった^{注2-14)}。

この頃の住戸内平面計画の特徴としては、寝室の増加やDKからLDKへの拡大が見られる。さらには、アクセス方式において、階段室型だけではなく、片廊下型・中廊下型・コア型といった方式が見られるようになった。バリエーションが増えた要因としては、設備や構法技術の進展の影響が大きい。特にエレベーターの発展により階段室型以外のアクセス方式が増えることとなった。

1972年頃には、民間の用地取得が容易な近郊や郊外にも民間のマンションが建設されるようになり、《公団住宅とマンションがほぼ同質のものとなった^{注2-15)}》という記述に見られるように、民間が建設する集合住宅、すなわち分譲マンションの存在が一般化した。そして、この頃にはnLDKという呼び名が定着している^{注2-16)}。

3) 標準化の見直しと商品化の敷衍 オイルショック後（1974年以後）

1973年のオイルショックを契機として、量を追求する姿勢から質を重視する動きが強まった。参考文献2-2)によれば、《進歩・発展への信仰に水が差され、地球資源に限りがあること、文化の蓄積を尊重すべきことが自覚されて、住居計画においても大量建設による画一化への批判が高まり、地域性・伝統性・個別性が見直された^{注2-17)}》というように、建築計画の研究の質的变化をもたらすこととなった。

その見直しにおける民間の取り組みとして代表的なものが、同じ住棟内に多種類の住戸内平面計画を混在させることであった。当時の販売パンフレット^{注2-18)}を見ると、《合理性の追求を原則としたマンションの生活は、ともすれば、自分と家族の構成や生活様式を住空間に合わせて生活して行かなければならない、という結果を招いてきました。…総戸数44戸にもかかわらず、1LDKから4LDKにいたるまで20タイプを…つくりました。》という記述があり、商品化住宅でありながら、合理性や画一性への批判に回答としていることが分かる。Fig. 2-3に70年代を代表する平面図の例を示す。特徴としては、水回りが外壁側に計画され、直接外気を取り入れることができるようになっている点が挙げられる。間口が狭く、奥行が長い定型3LDKの原型が見てとれる。

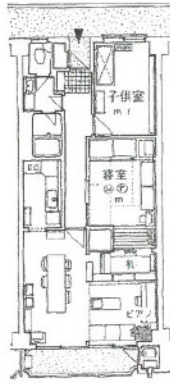


Fig. 2-3 1970年代における2LDKの平面図^{注2-19)}

4) フロンテージセーブの隆盛 (1980年以後)

この頃になると、分譲マンションの建設数が年間10万戸を超えるようになり、その後に量的拡大が進み、1983年には公団の集合住宅と分譲マンションの建設数が逆転する (Fig 1-1 参照)。このようにして分譲マンションの量的拡大が進んだ頃には、商品化の敷衍により建設主体と住人の立場が乖離し、性能だけが先行する独特な建築タイプとして進化する。そして、80年代には、定型3LDK^{注2-20)} (Fig. 2-4) といった画一的な住戸内平面計画が一般化する。

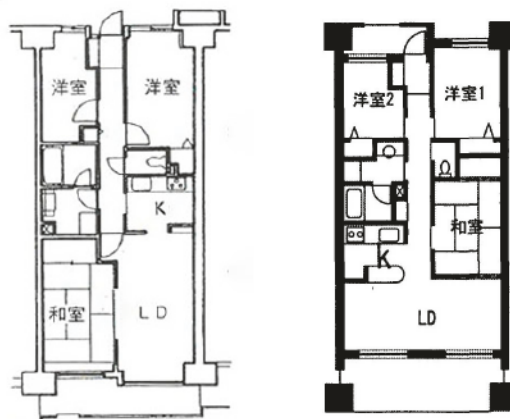


Fig. 2-4 定型3LDKの平面図^{注2-21)}

このような住戸内平面計画の特徴としては、フロンテージセーブの考え方が基本となる。間口を抑えることで住戸密度の向上に寄与するからであり、そのことは数理モデル^{注2-22)}によっても明らかとなっている。また、この特徴を支えているのは住宅設備の進化である。給湯機が小型化することでバルコニーへの設置が可能となり、浴室もアスファルト防水の湿式構法からユニットバスの乾式工法が一般化する。さらには、ダクトを用いた機械換気設

備の普及により、浴室や便所が外壁に面する必要がなくなった。排水の勾配が確保できれば、原則的には水回りの位置が自由となった。その他に、高層化によりエレベーターのアプローチが必須となり、アクセス方式としては片廊下型が一般化する。

さらに、1970年頃の順応型住宅（1971年）^{注2-23)} や、KEP（1973年）以来となる住戸内平面計画のバリエーションを増やす取り組みとして、構造システムや配管、配線システムを伴う二段階供給方式（SI）が考案される。最初の事例が「泉北桃山台B団地」（1982年）とされており、その他に、「実験集合住宅NEXT21」（1993年）、「ひょうご100年住宅」（1997年）、「Flexsus House 22」（2000年）などが代表的なものである。NEXT21については、大阪ガスが実験的に建てた集合住宅であり、現在はフェーズ4の実験段階まで進んでいる。ひょうご100年住宅は耐震壁のない逆梁型の躯体により、Flexsus House 22は免震構造とプレストレスの導入により、それぞれSIを実現している。これらは、いずれも住戸内平面計画のバリエーションを増やす取り組みとなっているが、SIを特徴とした分譲マンションは一般化していなかった。ところが、2018年現在の分譲マンションでは、遮音性能の確保と施工期間の縮減の両立から、ボイドスラブによる無梁版の採用が進み、SIの理念に近づくことで、住戸内平面計画のバリエーションが確保しやすい状況にある。

その他に、住戸内平面計画のバリエーションを増やす取り組みに対する政策の動きもあった。8期にわたった住宅建設五箇年計画（1966年から2005年まで）の目的は、専有面積の拡大が豊かさに繋がるという仮定のもとに、住戸の大型化や高層化を奨励することであった。その8期では、都市居住型誘導居住水準を3人の場合75㎡、4人の場合91㎡であった。一方で、集合住宅における専有面積の拡大を阻害する要因究明の既往研究があるように、首都圏^{注2-24)}における実際の専有面積は拡大していないことがFig. 2-5に示されている。その近年の理由としては、土地の価格や建設費の高騰、居住人員の減少^{注2-25)}から、住戸面積は減少傾向^{注2-26)}にある。なお、都市基盤整備公団（旧日本住宅公団）は、1999年に分譲から撤退し、2004年に解散しているため、現在は集合住宅を建設する主体は民間のみである。

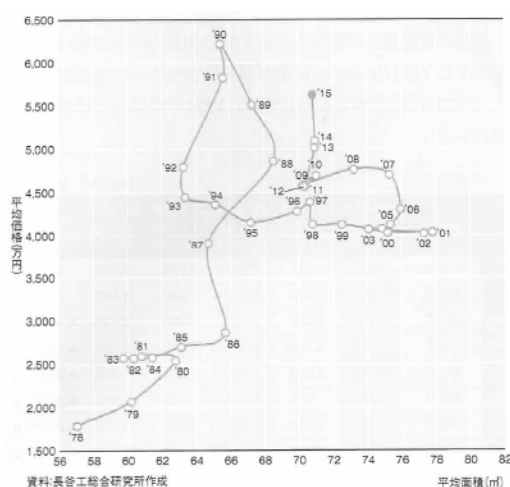


Fig. 2-5 首都圏における平均面積の推移 1978～2015年^{注2-26)}

2. 1. 2. 消費エネルギー量の削減と住戸内平面計画の関係

1) 環境問題や省エネルギーの発露（戦後）

世界的に、環境問題が広く共有されるようになったのは、戦後しばらく後の『沈黙の春』（1962）の出版により、有害物質規制が環境保護と同義語となった^{注2-27}以後と言われている。その後、環境問題を解決するために省エネルギーの必要性について述べられている『成長の限界』（1972）などの出版や、2度にわたるオイルショック（1973年・1979年）が重なり、地球温暖化の主たる原因とされる二酸化炭素の排出抑制が国際世論から強く求められるようになった^{注2-28}。

2) 省エネルギー法の制定（1980年以後）

2度にわたるオイルショックを経て、建築分野において、省エネルギーの推進は避けて通れなくなる。日本において、環境問題に対策が施されるのは1980年の「エネルギーの合理化に関する法律（省エネルギー法）」の制定がはじまりであり、分譲マンションの高断熱化を推し進めるきっかけとなる。その後、生活水準の向上などを鑑みた改定が繰り返されてきた。

3) 住宅性能表示制度の開始（2000年以後）

1997年に京都議定書（COP3）発行後、民生部門のCO₂削減が課題となり、分譲マンションにおいては、様々な取り組みが見られるようになった^{注2-29}。特に、2001年に施行された住宅性能表示制度を契機とした、建設主体が運用を行ってきた品質や省エネルギー性能に関するものが主要なものである^{注2-30}。分譲マンションにおいては住宅性能表示制度の適用が進んでおり、住宅性能表示制度における温熱環境に関する等級4以上は、2010年における分譲マンションのストック全体の上位5%^{注2-31}に留まるが、2015年に届け出された新築の分譲マンションの適合率は36%となっている^{注2-32}。

4) 仕様規定から性能規定へ（2013年以後）

2013年のエネルギー使用の合理化に関する法律の改正（以下、H25基準）により、届出項目が外皮性能だけでなく一次エネルギー消費量を加えたものへ変更されたことと、外皮性能の指標が熱損失係数（Q値）から外皮平均熱貫流率（U_A値）^{注2-33}へ変更されたことは、住戸内平面計画へ少なからず影響を及ぼすと考えられる。特に、一次エネルギー消費量の評価が加わったことは、仕様規定から性能規定への移行と言える^{注2-34}。この変更により、設備や断熱の仕様向上といった部分的な対応に留まらず、住戸内平面計画や設備計画も含む建築デザインによる統合的な解決が求められることとなった。なお、住戸内平面計画の住戸形状の操作により消費エネルギー量を削減できる項目は、主に暖房設備と冷房設備^{注2-35}である。そして、欧州諸国において省エネ基準の適合が義務化されている^{注2-36}ように、日本においても2020年までに、全建築物に対して適合が義務化される予定^{注2-37}であり、建築デザインによる消費エネルギー量削減の可能性を示すことが急務である。なお、容積緩和などと組み合わせた誘導基準も段階的に見直される予定である^{注2-38}。

2018年現在では、2017年4月に「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律（建

建築物省エネ法」(以下、H28 基準)が施行されている。なお、H25 基準と H28 基準との違いは、熱橋の拾い方や窓枠性能の入力方法の変更などが挙げられるが、大枠としては同じ考え方に基づいている。

5) 消費エネルギー量の削減による多様なコベネフィット (2020 年以後に向けて)

日本政府は、パリ協定 (COP21) を踏まえた温暖化対策計画を策定し^{注2-39)}、2030 年度の CO2 排出量の目安を、家庭部門において 2013 年度比で約 4 割減と示した。このような高い目標の実現のためには、設計や建設主体だけでなく、居住者も含めた全体に対する実践や新しい概念が必要となってきた。例えば、省エネルギー性に関する基準における断熱等性能等級 4 を達成している住宅はなかなか普及していない^{注2-40)}。また、より高い性能を持った認定低炭素住宅においても、建設は約 8,300 戸に留まっている^{注2-41)}。等級 4 や認定低炭素といった指標は性能基準と呼ぶことができ、その普及が進んでいない状況にある一方で、スマートウェルネス^{注2-42)} やクリマデザイン^{注2-43)} といった充足性の高い生活と性能基準の達成を組み合わせた概念が、研究者や実務者から提唱されはじめている。スマートウェルネス研究企画委員会の調査^{注2-44)} では、住環境と健康の相関が明らかになりつつあり、ランニングコストのみならず疾患抑制による医療費削減だけでなく、社会保障費の削減までコベネフィットが展開できる見通しが立てられている。集合住宅の住戸平面計画の工夫を推進するインセンティブは多岐にわたるが、2018 年からは、ZEH (ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス) の補助金対象に集合住宅が加わった。2018 年における基準及び誘導基準の関係を Table 2-1 に示す。コストの上昇を抑制しつつ、高い性能を満たすには、躯体の高断熱化や機器の高効率化だけでなく、自然通風の促進や、冬期の日射取得率向上、夏期の日射遮蔽率向上、熱橋部位の削減、外皮面積の抑制、適切な開口率など住戸内平面計画の工夫無しには達成できない。何よりも、そのような高い性能のもとで、どのようなライフスタイルが実現できるかという想像力が建築デザインに試されている。例えば、暖房設備に床暖房が本当に必要なのか、床暖房が不要な外皮の性能や住戸内平面計画とは何かといった視点も必要となってくる。

Table 2-1 消費一次エネルギー量 (BEI) と性能表示制度や基準との関係

外皮性能の基準 (6 地域)	基準 及び誘導基準	住宅性能表示制度 (エネルギー消費量)	BELS (住宅)	BEI (Building Energy Index)
U _A ≤ 0.87 かつ η _A ≤ 2.8	H28 基準	4	☆☆	0.9 < BEI ≤ 1
	低炭素認定住宅	5	☆☆☆	0.85 < BEI ≤ 0.9
	-	-	☆☆☆☆	0.8 < BEI ≤ 0.85
U _A ≤ 0.6	ZEH-M*	-	☆☆☆☆☆	BEI ≤ 0.8

* ZEH-M は U_A 値 ≤ 0.6 が条件であると、集合住宅における ZEH 支援事業の主なポイントとして経済産業省が公表。

(2018 年 2 月 9 日)

注

- 注2-1) 参考文献2-1)、p. 7 参照。
- 注2-2) 参考文献2-2)、p. 120 参照。
- 注2-3) 参考文献2-2)、p. 119 参照。
- 注2-4) 参考文献2-3)、p. 130 参照。
- 注2-5) 参考文献2-4)、p. 171 参照。
- 注2-6) 参考文献2-3)、p. 131 参照。
- 注2-7) 参考文献2-4)、pp. 172-174 参照。
- 注2-8) 参考文献2-4)、p. 170 参照。
- 注2-9) 参考文献2-1)、pp. 193-195 参照。
- 注2-10) 参考文献2-5)、p. 191 参照。
- 注2-11) 参考文献2-6)、pp. 13-15 参照。
- 注2-12) 参考文献2-7)、p. 74 参照。
- 注2-13) 参考文献2-7)、p. 221 参照。
- 注2-14) 参考文献2-1)、p. 198 参照。
- 注2-15) 参考文献2-4)、p. 171 参照。
- 注2-16) 当時の販売用のパンフレットにおいて確認ができる。
- 注2-17) 参考文献2-2)、p. 172 参照。
- 注2-18) 1974年着工の販売用のパンフレットにおいて確認ができる。
- 注2-19) 参考文献2-7)、p. 179 参照。
- 注2-20) 参考文献2-8)、pp. 62-63 参照。
- 注2-21) 左図が、参考文献2-2)、p. 121 参照。右図が、参考文献2-9)、p. 9 参照。
- 注2-22) 参考文献2-10)、pp. 42-46 や、参考文献2-6)、pp. 19 参照。
- 注2-23) 参考文献2-7)、p. 221 参照。
- 注2-24) 首都圏とは、国土交通省住宅局の住宅市場動向調査や長谷工総合研究所「CRI」などで定義されている、東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県を対象とする。
- 注2-25) 参考文献2-11)、p. 9 参照。
- 注2-26) 参考文献2-12)、p. 9 参照。
- 注2-27) 参考文献2-13)、p. 358 参照。
- 注2-28) 参考文献2-14)、p. 1 参照。
- 注2-29) 例えば、高圧一括受電や太陽光発電システムなどの環境性能に対して配慮されたものが見られ、その試みの中には社会的に評価されたものもある。例えば、太陽光発電と組み合わせた一括受電システム「ソレッコ」が2010年度のグッドデザイン賞を受賞している。他に、参考文献2-14)によると、「住宅・建築物省CO2先導事業」に認定された分譲マンションにおいて、設計値の検証のため実測を継続していることが報告されている。調査結果については今後開示される予定である。

注2-30) 例えば、「CHECK EYE' S」(<http://www.checkeyes.jp/sumai/checkeyes/>)は、住宅性能表示制度に対応した性能表示システムであり、あわせて施工状況の報告も行っている。2013年からは、住戸ごとのエネルギーを「コスト」という指標で提示する「マンション家計簿」の配布も開始している。

注2-31) Fig. 1-2 全国における集合住宅の断熱等級の H11 (1999) 基準が、温熱環境に関する等級4に相当する。

注2-32) 参考文献2-16) の表4によると、2015年度の届出において大規模については、36%と示されている。なお、大規模は注釈3において2,000 m²以上と定義されている。

注2-33) Q 値から U_A 値へ変更され、床面積の増加と比べて外皮面積が増える小さな住宅や複雑な形の住宅など、不利になる課題が解消されている。

注2-34) 従来から性能規定はあったが、暖冷房の消費エネルギー量に限定されていた点と、高度な計算が要求される状況であった、そこで2013年以降は、U_A 値などを算出するだけで暖冷房の消費エネルギー量が計算できるプログラム (<http://house.app.lowenergy.jp/>) がウェブ上で公開され、だれでも計算できるようになったことは画期的である。

注2-35) 建築物省エネ法第2条第3号の規定に基づく基準、建築物エネルギー消費性能を算出するウェブプログラム (<http://house.app.lowenergy.jp/>) により計算される一次エネルギー消費量は、以下の6つの項目からなる。暖房設備、冷房設備、換気設備、給湯設備、照明設備、その他設備。外皮性能の U_A 値や η_A 値、専有面積、外皮面積などから暖房設備と冷房設備のエネルギー量を算出するため、住戸内平面計画の工夫により削減する余地があると考えられる。換気設備、給湯設備や照明設備についても、専有面積に依存して算出されるが、設備機器の高効率化が結果に支配的であり、かつ専有面積を減らすことでしか消費エネルギー量を削減できないため、住環境を良くしながらも消費エネルギー量を削減しているとは言えない。

注2-36) 参考文献2-17) によると、例えば、EU 圏においては、住宅・建築物の建設時、売買時、賃貸借時などに活用するエネルギー性能評価証書を策定することを求めてきた。2010年改訂により、契約の書類などに示すだけでなく、居住者が購入や入居を検討する時点で、具体的には財産取引や売買・賃貸借時の広告などにも提示するよう求めている。

注2-37) 国土交通省住宅局による、低炭素社会に向けた住宅・建築分野における取り組みについて(2012年10月)のp.8に、2020年までの省エネ性能の向上に向けた取り組みのイメージ図が掲載されている。

注2-38) 建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律案によると、《省エネ向上計画の認定(容積率特例):省エネ性能の優れた建築物について、所管行政庁の認定を受けて容積率の特例を受けることができることとする。》及び《エネルギー消費性能の表示:省エネ基準に適合している建築物について、所管行政庁の認定を受けてその旨を表示することができることとする。》などが2015年3月に閣議決定された。

注2-39) 2015年にパリで、気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)が開催された。そこで、2020年以降の温室効果ガス排出削減などのための新たな国際枠組として、パリ協定

を採択。日本政府は、パリ協定をふまえ「約束草案」を国連に提出し、その中で示した中期目標の達成に向け、地球温暖化対策計画を策定した。

注2-40) 2013年以降の対策・施策に関する報告書（環境省）による (<https://funtoshare.env.go.jp/roadmap/from2013.html> (参照 2016.10.31)) 4.住宅・建築物 WG (2012年6月) の p.137 に、住宅ストック戸数における等級4の割合が、2010年時点で5%程度であると示されている。

注2-41) 2016年9月末時点での低炭素建築物新築等計画の認定制度における、共同住宅などの住戸数 (http://www.mlit.go.jp/report/press/house04_hh_000698.html (参照 2016.10.31))。また、認定低炭素建築物とは、省エネルギー法に定められた基準値と比較して、1次消費エネルギー量を10%削減することで認定される制度である。なお、分譲マンションのストック601万戸(2013年)に占める認定低炭素建築物の性能を有する住戸は、0.12%にすぎない。

注2-42) 参考文献2-18)によると、スマートウェルネスとは、省エネに留まらず、健康改善、スマート化、高齢者対応、レジリエンス向上など複合的に応えていく将来ビジョンであるとされ、これにより低負荷で充足性の高い生活が実現されることになると述べられている。また、2013年からスマートウェルネス住宅研究開発委員会が日本サステイナブル建築協会に設置され、設計手法、住宅産業の活性、政策提言を行いながら脱物質型文明の普及をめざしている。

注2-43) 参考文献2-19)によると、クリマデザインとは、負荷削減と品質向上の両立が達成できる建築計画の手法であると述べられている。また、クリマとは climate に対応するが、自然環境に留まらず、歴史・文化・風土を踏まえて形成される屋内気候を含めた幅広い意味とあり、負荷削減だけに留まらない思想である。

注2-44) 参考文献2-20) 参照。

2. 1. 3. 住戸内平面計画の要素の抽出

本研究の調査対象はすべて、2013年に建設（建築確認申請が下付）されたものである。また、住宅性能表示制度における性能評価書を取得したものであり、次世代省エネルギー基準（H11基準）の仕様規定（等級4）に準拠している。そのため、仕様規定により、断熱やガラスといった外皮性能の物性値が同質である。これらを調査対象として比較することで、断熱やガラスといった物理性能ではなく、住戸内平面計画の要素により消費エネルギー量を削減することが明らかにできないかと考えた。そこで、住戸内平面計画と消費エネルギー量の削減が両立できる要素を、既往研究を参照しながら以下のように抽出する（Table 2-2）。

1) 専有面積

躯体の高断熱化が進むと、消費エネルギー量の削減だけでなく、廊下や水回りといった非居室の温熱環境も改善され、有効に使える専有面積が増えることから、住戸内平面計画の考え方が変化する可能性がある。そこで、専有面積の調整により、どの程度暖冷房負荷が変化するかを明らかにする意義があると考えた。また、いずれの住戸内平面計画に関する既往研究においても、専有面積は重要な要素のひとつとして扱われていることから、本研究の要素として扱うこととする。

2) 住戸表面積

建築物省エネ法第2条第3号の規定による基準に基づき、建築物エネルギー消費性能を算出する方法は、ウェブプログラム（<http://house.app.lowenergy.jp/>）により算出される。そのプログラムで消費エネルギー量を算出する場合、専有面積や住戸表面積（ウェブプログラム上では外皮面積と呼ぶ）を入力し、その他に外皮性能の U_A 値や η_A 値、暖房設備と冷房設備の能力を入力する。なお、既往研究においても、住戸表面積は重要な要素のひとつとして扱われている。特に、住戸表面積は日射熱が移動する境界面になるため、本研究の要素として扱うことに意義があると考えた。

3) 住戸平面複雑度指数

既往研究^{注2-45)}において、住戸内平面計画のバリエーションを増やす可能性のある要素として扱われている。また、前項の外皮面積でも述べたが、外皮は日射熱が移動する境界面にあたり、住戸形状が複雑か単純かは、熱的な視点でも重要な要素と推察されるため、本研究の要素として扱うこととする。なお、住戸平面複雑度指数の算出方法は、既往研究に倣い、住戸の周長を専有面積の平方根で除した値とする。

4) 間口

既往研究^{注2-46)}において、住戸内平面計画のバリエーションを増やす可能性のある要素として扱われている。また、前節では住戸内平面計画において間口が狭くなる傾向にあることを述べたが、このことが消費エネルギー量の削減に寄与しているかを明らかにすることは意義があると考えた。

5) 奥行間口比

既往研究^{注2-47)}において、住戸内平面計画のバリエーションを増やす可能性のある要素

として扱われている。「定型3LDK」のように、間口を狭くして奥行を深くする傾向が、消費エネルギー量の削減に寄与しているかを明らかにすることは意義があると考え。なお、奥行間口比の算出方法は、既往研究に倣い、正面から見た住戸の幅を間口とし、その間口を奥行で除した値とする。

6) 開口率

開口の面積、方位、ガラスや枠の物性値は、建築物エネルギー消費性能を算出する際に、重要な要素のひとつとなっている。一方で、既往研究においても、住戸の採光条件を表すものとして開口に関する要素^{註2-48)}が扱われている。中でも本研究では、開口による影響の手がかりとして、最もシンプルな開口率を採用することとした。開口率の算出方法は、既往研究に倣い、住戸に計画されている開口部すべての面積を専有面積で除した比率とする。なお、開口率に関係する開口部の性能について、本研究の標本はすべて同一の性能である。具体的な仕様は、建具はアルミ、ガラスは単板ガラス2枚を組み合わせたもの、中空層の厚さは6mmである。

7) 主開口庇長さ開口高さ比

庇は、建築物エネルギー消費性能を算出する際に、開口部周りの躯体に付随する日射遮蔽部材として唯一評価できるものである。また、庇そのものは、奥行きだけでなく、庇と開口部の位置関係も重要であることが建築物省エネ法の外皮基準の計算方法や既往研究により示されている主開口庇長さ開口高さ比が、庇長さと開口高さを同時に扱える比率の要素として重要であると考えた。ただし、リビングに属する開口部の庇が最も面積が大きく、住戸全体に対する影響が高いと判断し、本研究では、リビングの主開口窓面の庇長さ（バルコニーの寸法）を、庇から開口下端までの長さで除した比率を要素として抽出する。

8) 方位

建築物エネルギー消費性能を算出する際、便宜的に8方位に分割し、外壁や開口部の方位を8方位の中から割り当てる。それに対し本研究では、方位を大きく4つに分割したため、得られる結果の安易な一般化はできないが、基礎的な研究としては有益な示唆が得られると考える。

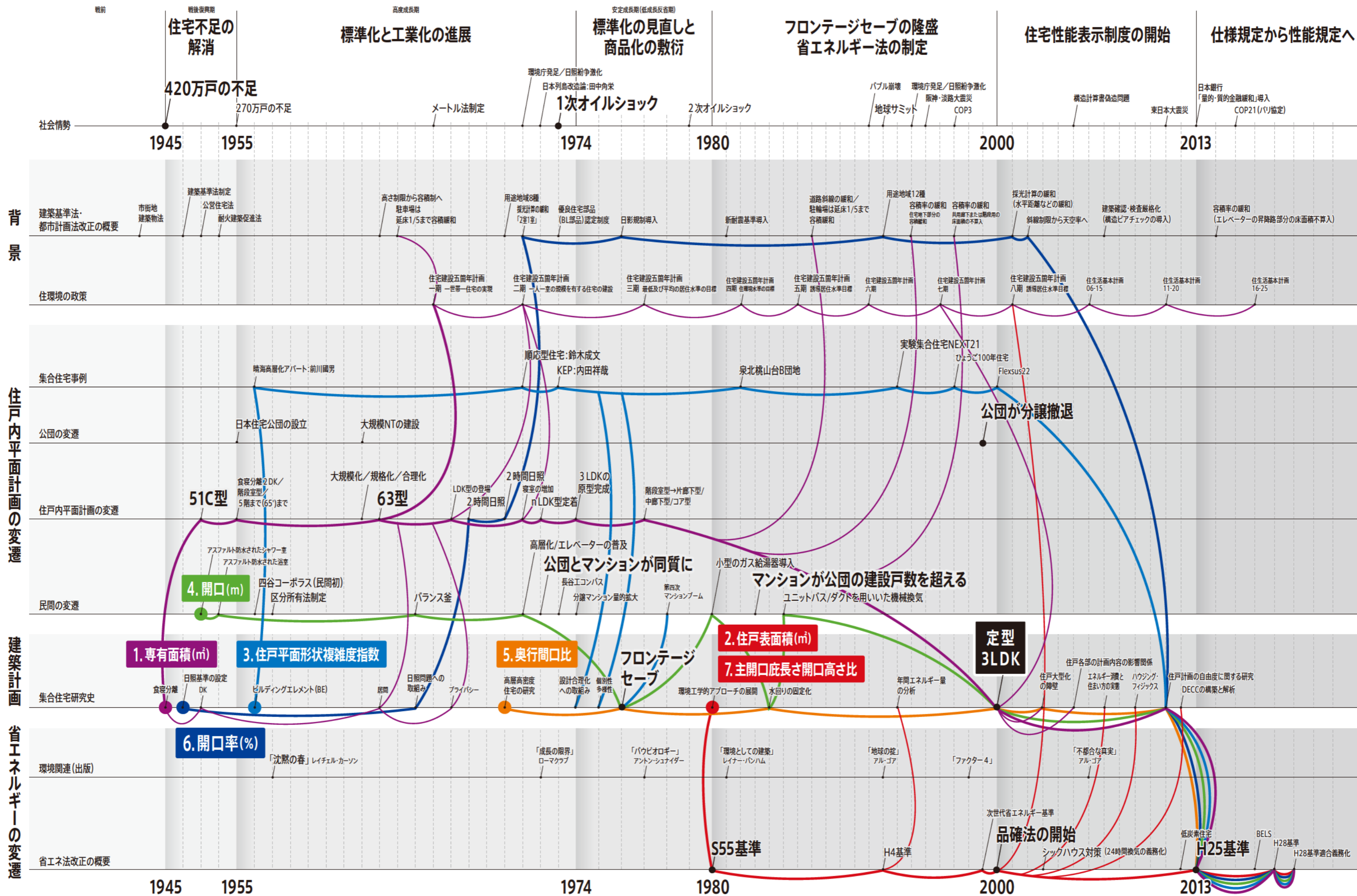
9) 開放面数（住戸位置）

住棟配置による影響を考えるために、本研究では住戸に焦点を当てているため、住棟配置と住戸位置の関係から決まる外気に面している面の数を扱うこととし、それを開放面数と呼ぶこととする。なお、開放面数の定義は、参考文献2-24)に倣っている。

10) 隣棟建物

前節の考察から、日照問題や日照権、日影規制については建築の設計時に重要な要素となっていることが述べられている。また、本研究で採用しているシミュレーションソフトには、簡易的に隣棟建物を再現することが可能である。さらには、都市部における集合住宅では、隣棟建物の影響は避けられず、下階と上階が全く同一の仕様で設計されていることを打開するきっかけとして、隣棟建物を要素として扱うこととした。

Table2-2 住戸内平面計画の定型化成立背景と抽出する住戸形状の要素



2. 2. 住戸内平面計画に関する要素の概要

2. 2. 1. 住戸形状と外的条件の関係

前節で抽出した 10 の要素の中から、専有面積、住戸表面積、住戸平面形状複雑度指数、間口、奥行間口比、開口率、主開口庇長さ開口高さ比といった、住戸内平面計画により工夫できる 7 つの要素を「住戸形状」と呼ぶ。配置計画や住戸位置、周辺環境といった住戸内平面計画では工夫できない、方位や開放面数、隣棟建物の 3 つの要素を「外的条件」と呼ぶ。

2. 2. 2. 住戸形状と外的条件の概要

調査対象について、Table 2-3 に示した、意匠設計者が設計時に反映することを想定した住戸形状の各要素と、外的条件のデータを調査対象より抽出した。特に住戸形状については、暖冷房負荷や断熱に係る設計指標算出時に必要な数量（屋根、外壁、開口部、天井や床の面積並びに熱橋の長さ。他に底、袖壁、手摺の奥行きや高さなど）をもとに、住戸内平面計画に反映可能な要素に再構成^{註2-49)}した。なお、抽出した住戸形状の要素について、Table 2-3 の住戸形状の要素を抜き出し、Table 2-4 に抽象化した住戸ユニットを図示した。住戸を詳細な図面に基づき同一の基準で整理し、大量に分析することにより、各要素の特性や傾向を把握するとともに、消費エネルギー量の削減を取り入れた住戸内平面計画の工夫が明らかになると考えた。なお、「主開口底長さ開口高さ比」は、改正省エネルギー基準（H25 基準）の外皮性能基準において開口部周りの躯体に付随する日射遮蔽部材として唯一評価できるものである。

Table 2-3 抽出する住戸内平面計画における住戸形状と外的条件

Heating/Cooling loads		Elements	Overview	
Building envelope 住戸形状	Building envelope 住戸形状	専有面積 (㎡)	住戸専有部分の面積。	
		住戸表面積 (㎡)	隣接空間等の温度差を勘案した住戸の表面積 ^{註2-50)} 。	
		住戸平面形状複雑度指数	住戸の周長を住戸専有面積の平方根で除した値。	
		間口 (m)	正面から見た住戸の幅。	
		奥行間口比	奥行を間口で除した比率。	
		開口率 (%)	開口面積を床面積で除した比率 ^{註2-51)} 。	
	External conditions 外的条件	m	主開口底長さ 開口高さ比	リビングの主開口窓面の底長さ（バルコニーの出寸法）を、底から開口下端までの長さで除した比率。
			Orientation 方位	リビングの主開口窓面と法線上の向き。真南を中心に45度ずつに振り分けた合計90度の範囲を南とし、全体を4方位 ^{註2-52)} に分割。
		Number of open sides 開放面数	住戸平面の面数を4種と仮定して、各面の壁の過半が外気に面している面を開放面としたときの面数。	
		Neighboring buildings 隣棟建物	「住戸のFL」と、リビングの主開口の法線上に位置する「隣棟建物」の建物高さを比べ、後者が高い場合は、「隣棟建物」が「有」。	

Table 2-4 住戸形状の要素の計算式と概念図

Building envelope 住戸形状		Elements	Overview
Building envelope 住戸形状	U _a a	専有面積 : xy (㎡)	
		住戸表面積 : 各表面積に温度差係数を乗算し合計 (㎡)	
		住戸平面形状複雑度指数 : $2(x+y) / \sqrt{xy}$	
		間口 : x (m)	
		奥行間口比 : y/x	
		開口率 : $ab/xy \times 100$ (%)	
	m	主開口底長さ開口高さ比 : $d/(b+c)$	

2. 3. 結論

住戸内平面計画の変遷については少し歴史を遡る必要がある。集合住宅の建設は、戦後にはじまり量的充足のため日本住宅公団が主導するかたちで標準化とともに進められた。1973年のオイルショックを契機にした資材や人件費の高騰によるコストダウンの要求により、工業化の進展が見られる。また、この頃には土地取得条件や購入者層などから公団住宅とマンションが同質なものとなり分譲マンションが一般化する。その後、1983年に量的にも逆転する。このようにして分譲マンションの量的拡大が進んだ頃には、商品化の敷衍により建設主体と住む人(利用者)が乖離し、性能だけが先行する独特な建築タイプとして進化する。これらの変遷から住戸内平面計画の特徴として、70年代にnLDKという呼び名が定着し、80年代には定型3LDKといった画一的な住戸内平面計画が一般化する。この状況を打開すること目的とした既往研究より住戸内平面計画の要素を抽出する。

一方で、オイルショックの反省から1980年に省エネルギーに関する法令により断熱などの仕様規定が定められ、順次仕様が強化されていく。その後、2013年の改定では、仕様規定から性能規定に完全移行し、特に暖房と冷房負荷の削減については仕様の部分的な対応だけでなく住戸内平面計画も含めた統合的な解決を求められるようになっていく。

これらより、画一的な住戸内平面計画を脱却することを目的に書かれた既往研究と消費エネルギー量の削減の条件それぞれに合致する住戸平面計画の要素として、7つの「住戸形状」の要素と3つの「外的条件」に分類することができた。この分類は住戸内平面計画の設計時に取り扱えるものを「住戸形状」の要素とし、取り扱えないものを「外的条件」としている。本研究では以下の7つ、専有面積、住戸表面積、住戸平面形状複雑度指数、間口、奥行間口比、開口率、主開口底長さ開口高さ比を「住戸形状」の要素とし、以下の3つ、方位、開放面数、隣棟建物を「外的条件」の要素とし、これに基づいて、第3章以下の分析を行っている。

注

注2-45) 参考文献2-21)、p. 65 参照。

注2-46) 参考文献2-8)、p. 60 参照及び参考文献2-21)、p. 65 参照。

注2-47) 参考文献2-8)、p. 60 参照。

注2-48) 参考文献2-8) や2-21) において、住戸の採光条件を表す要素として、単位面積あたりの採光可能な壁面の長さを扱っており、住戸内平面計画における室配置の自由度との関連を指摘している。参考文献2-9) においては、同様の要素を用いて、100 m²を超える大型住戸の分析を行い、水回りの計画の自由度との関連を明らかにしている。

注2-49) 参考文献2-8) の表1「住戸の枠組み」や、参考文献2-9) の表3、参考文献2-21) の表5「平面計画に関連する項目」、参考文献2-22) の表1「平面計画」、参考文献2-23) の表1「平面計画」を参考に、一般的な指標であり、住戸内平面計画の住戸形状に関わる項目を本研究の「住戸形状」の要素として抽出した。

注2-50) 本研究における住戸表面積とは、参考文献2-25)、pp. 26-27 による「外皮等」の部位の面積に「温度差係数 (Attached Table 2-1)」を乗じた面積である。これにより、住戸表面積が隣接空間等の温度差を勘案した住戸形状の要素となる。なお、「外皮等」とは、熱的境界に接している面である。具体的には、住戸の外周部の構造体、すなわち建物の外壁、屋根、外気に面する床 (ピロティ)、窓、隣接する住戸及び共用部に接する部分などである。「温度差係数」とは、参考文献2-25)、pp. 60-61 の表1に示す通り、隣接空間等の温度差を勘案するための係数である。

Attached Table 2-1 温度差係数

隣接空間の種類		
外気 外気に通じる 空間	外気に通じてい ない空間	住戸 住戸と同様の熱的環境の空間
		6地域
1.0	0.7	0.15

注2-51) 開口率に関係する開口部の性能について、本研究の標本はすべて同じ性能である。具体的な仕様は、建具はアルミ、ガラスは単板ガラス2枚を組み合わせたもの、中空層の厚さは6 mm である。

注2-52) 今回の分析では、方位を大きく4つに分割したため、本研究で得られる結果の安易な一般化はできないが、基礎的な研究として有益な示唆が得られると考える。

参考文献

- 2-1) 小柳津 醇一 他: 集合住宅計画研究史, 日本建築学会, 1989. 7
- 2-2) 鈴木 成文: 住まいを読む, 建築資料研究社, 1999. 2
- 2-3) 日本住宅公団 20 年史刊行委員会編: 日本住宅公団の二十年史, 1975. 7
- 2-4) 松村 秀一: 住宅という考え方, 東京大学出版社, 1999. 8
- 2-5) 内田 祥哉: Building Element の考え方について, 論文報告集 66 号, p.249-252, 1960
- 2-6) 門脇 耕三: 集合住宅の構法に規定される住戸計画の自由度に関する研究, 2011. 9
- 2-7) 鈴木 成文: 五一 C 白書, 2006. 12
- 2-8) 佐々木 誠, 花里 俊廣: 新築民間分譲マンションにおける住戸定型化とその要因の分析, 日本建築学会計画系論文集, 第 535 号, pp. 59-66, 2000. 9
- 2-9) 花里 俊廣, 佐々木 誠, 大竹 友美, 平野 雄介: 首都圏で供給される民間分譲マンション大型住戸の建築計画上の特徴, 日本建築学会計画系論文集, 第 570 号, pp. 9-15, 2003. 8
- 2-10) 奥平 耕造: 都市工学読本 - 都市を解析する -, 彰国社, 1976. 6
- 2-11) 長谷工総合研究所: 日本における人口・世帯数の行方(1)～人口・世帯数の将来推計結果～, CRI, no. 431, 長谷工総合研究所, 2014. 7
- 2-12) 長谷工総合研究所: 2015 年度首都圏・近畿圏マンション市場動向, CRI, no. 454, 2016. 6
- 2-13) エルンスト・ウルリッヒ フォン・ワイツゼッカー 他: ファクター4 豊かさを 2 倍に、資源消費を半分に, 省エネルギーセンター, p. 358, 1998. 5
- 2-14) 立石 眞: 住宅の新省エネルギー基準と指針 建設省住宅局住宅生産課, p. 1, 1992. 2
- 2-15) 二瓶 士門: これからの生活のための集合住宅のデザイン, IBEC No. 194, 建築環境・省エネルギー機構, pp. 12-15, 2013. 1
- 2-16) 住宅・建築物のエネルギー消費性能の実態等に関する研究会, 国土交通省, 2014. 11 (<http://www.mlit.go.jp/common/001228929.pdf>) (参照 2018. 3. 30)
- 2-17) 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会省エネルギー小委員会: 米国・欧州における省エネルギー政策について, 住環境計画研究所, 2014. 11 (http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/shoene_shinene/sho_ene/pdf/001_10_00.pdf) (参照 2014. 2. 4)
- 2-18) 村上 周三 他: 住生活における新しい価値の創出と新しい社会への対応 ～スマートウェルネス住宅研究開発委員会における検討状況の報告～, IBEC No. 206, 建築環境・省エネルギー機構, pp. 2-7, 2015. 1
- 2-19) 村上 周三, 小泉 雅生: クリマデザイン 新しい環境文化のかたち, 鹿島出版会, pp. 10-16, 2016. 1
- 2-20) 一般社団法人日本サステナブル建築協会, エビデンス・ベースドの SWH の推進, スマートウェルネス住宅 (SWH) 研究企画委員会, 2018. 3

- 2-21) 門脇 耕三, 深尾 精一: 集合住宅における住戸各部の計画内容の影響関係, 日本建築学会計画系論文集, 第 588 号, pp. 63-69, 2005. 2
- 2-22) 門脇 耕三, 深尾 精一: 超高層住宅と中高層住宅における住戸の建築特性の比較分析, 日本建築学会計画系論文集, 第 601 号, pp. 73-80, 2006. 3
- 2-23) 門脇 耕三: 集合住宅における住戸の建築特性の影響構造, 日本建築学会計画系論文集, 第 651 号, pp. 1103-1110, 2010. 5
- 2-24) 日本建築学会: 建築設計資料集成 総合編, 丸善, p. 291, 2001. 6
- 2-25) 一般社団法人住宅性能評価・表示協会, 建築物省エネ法第 30 条・第 36 条に基づく認定に係る技術的審査マニュアル (2017 年住宅編), 2017. 8

3章 データベースの作成

本章では、調査対象（2,229戸）の妥当性を検証する。続けて、調査対象の中から標本とする3LDK（1,603戸）の傾向を把握するため、住戸形状や外的条件における住戸計画の物理的な寸法や比率により定量化し、ヒストグラムなどを用いて要素別に傾向を把握する。最後に、外的条件を揃えた標本（702戸）の概要について述べる。なお、分析を進めるにあたり住戸内平面計画では制御できない気象条件による地域差を小さくするため、H25基準の地域区分の首都圏^{注3-1)}が含まれる6地域^{注3-2)}を調査対象とした。本研究の調査対象のリストをTable 3-1に示し、調査対象の概要をTable 3-2に示す。

Table 3-1 調査対象のリスト

No	アクセス方式	建築面積(m ²)	延床面積(m ²)	階数
1	片廊下型	1,152.82	5,472.31	8
2	片廊下型	1,161.28	5,927.19	7
3	中廊下型	351.90	3,385.10	13
4	中廊下型	835.32	4,059.52	5
5	中廊下型	379.13	3,822.02	12
6	片廊下型	1,132.21	4,952.98	7
7	片廊下型	904.16	5,815.60	8
8	片廊下型	2,791.23	12,279.54	11
9	中廊下型	574.35	6,482.25	13
10	片廊下型	909.98	2,887.87	3
11	コア型	3,090.34	103,908.66	60
12	中廊下型	1,267.69	8,614.44	9
13	片廊下型	1,891.96	6,959.39	5
14	片廊下型	3,275.84	13,128.24	8
15	片廊下型	317.05	3,744.83	13
16	片廊下型	637.86	2,477.48	6
17	片廊下型	894.40	6,238.12	14
18	片廊下型	2,153.70	11,310.43	7
19	片廊下型	1,788.54	7,986.45	5
20	片廊下型	397.81	4,452.63	15
21	片廊下型	431.55	4,244.24	13

Table 3-2 調査対象の概要

建設地域	首都圏 ^{注3-1)}
建設時期	2014年
住棟数	21棟
住戸数	2,229戸
外皮性能	H11年基準：仕様規定
地域区分	6地域 ^{注3-2)}

3. 1. 調査対象全体の概要

本節では、できるだけばらつきを抑えることができる住戸プラン（nLDK^{注3-3)}）に焦点を当てることと、本研究で収集した調査対象と昨今の分譲マンションの建設状況を比較し、調査対象の妥当性を検証する。調査対象の情報については、建設主体に事例提供を依頼し、分譲マンションの建築図面（住棟の平面及び断面図、住戸平面及び断面の詳細図、断熱貼分図、構造図、機械設備図、冬至時刻日影図など）を収集した。それらの情報をもとに、住戸形状の要素の数量拾いや、外的条件の質的特性を整理し、分析を進めていくためのデータベースを作成した。収集できた調査対象は計 21 住棟 2,229 住戸であった。昨今の分譲マンションの建設状況の情報は、詳しくは後述するが参考文献 3-1) から 4) を参考にデータを収集した。

まず、調査対象全体の住戸プランの割合について最も建設割合の大きい住戸プランは 3LDK であった (Fig. 3-1)。次に、建設状況の住戸プランについては、1970 年代以降はいわゆる nLDK 型^{注3-3)} に定型化し、中でも 3LDK の建設戸数が多く割合も近い^{注3-4)} ことから、調査対象は妥当であると考ええる。

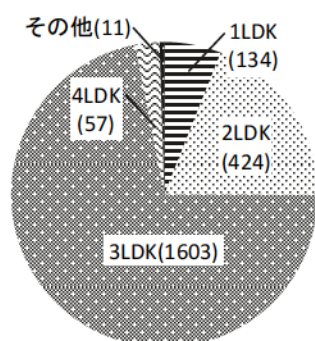


Fig. 3-1 2,229 住戸の調査対象全体における住戸プランの割合 (戸数)

次に、調査対象全体の専有面積の分布と調査対象の 3LDK の専有面積の分布 (Fig. 3-2) を見ると、調査対象全体に比べ調査対象の 3LDK の方が標準偏差の比較によりばらつきが 1.44 倍抑えられ正規分布に近づくことが分かる。また、調査対象と昨今の建設状況を専有面積の平均について比較すると、調査対象全体の平均は 70.59 m²、調査対象の 3LDK の平均は 75.29 m² (Fig. 3-2) であり、2001 年から 2013 年の調査³⁻⁴⁾ は 70.77 m² から 78.00 m² に分布しており、調査対象は妥当である。そこで、本研究では収集できた調査対象である計 21 住棟 2,229 住戸の中から、住戸プランのばらつきが抑えられ、もっとも建設戸数が多い 3LDK 1,603 住戸 (2014 年) を標本とし、分析を進める。これは、国土交通省住宅着工統計 (2014 年) によると、首都圏における分譲マンション着工数^{注3-5)} の 2.6% を占めている。

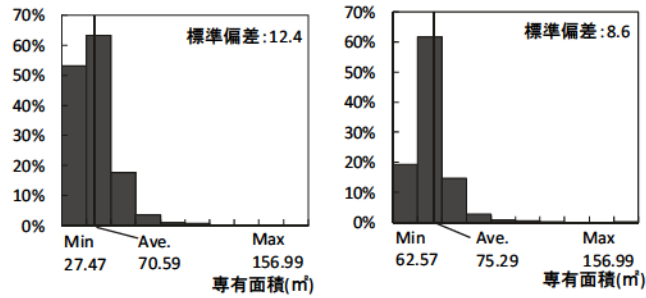


Fig. 3-2 調査対象の全体（左）と調査対象の3LDK（右）の専有面積の分布

住戸プランと専有面積のほかに、標本も含む調査対象全体と近年の首都圏における建設データの相違を検証するため、階数、住戸プラン、アクセス方式について比較を行った。住棟別階数の建設割合は、本調査対象では95.5% (Fig. 3-3) が階数5階以上であり、2011年の調査³⁻⁶⁾において、約9割は階数5階以上であった。住戸プランの建設割合については、本調査は71.92%であり、2013年の調査³⁻⁶⁾において1都3県では約70.5%が3LDK (Fig. 3-4) であった。今回分析に用いた調査対象には階段室型が無かったが、階数別の建設割合、住戸プランの建設割合に大きな偏りはなく、有益な示唆が得られるものと考えられる。アクセス方式については、本調査対象では片廊下型が最多 (Table 3-3) ^{注3-7)} であり、2009年の調査³⁻⁷⁾でも片廊下型が最多であった。アクセス方式の種類についてはTable 3-4に示す。さらに、調査対象におけるアクセス方式の事例をFig. 3-5から3-7に示す。

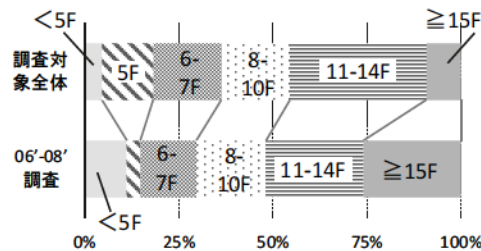


Fig. 3-3 調査対象全体と06-08年調査³⁻⁵⁾の階数における構成比の比較

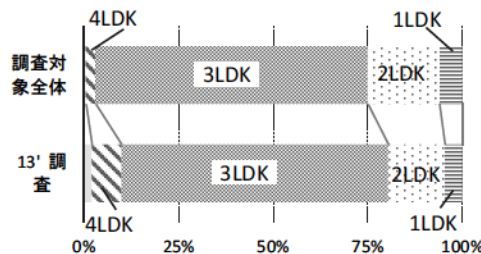
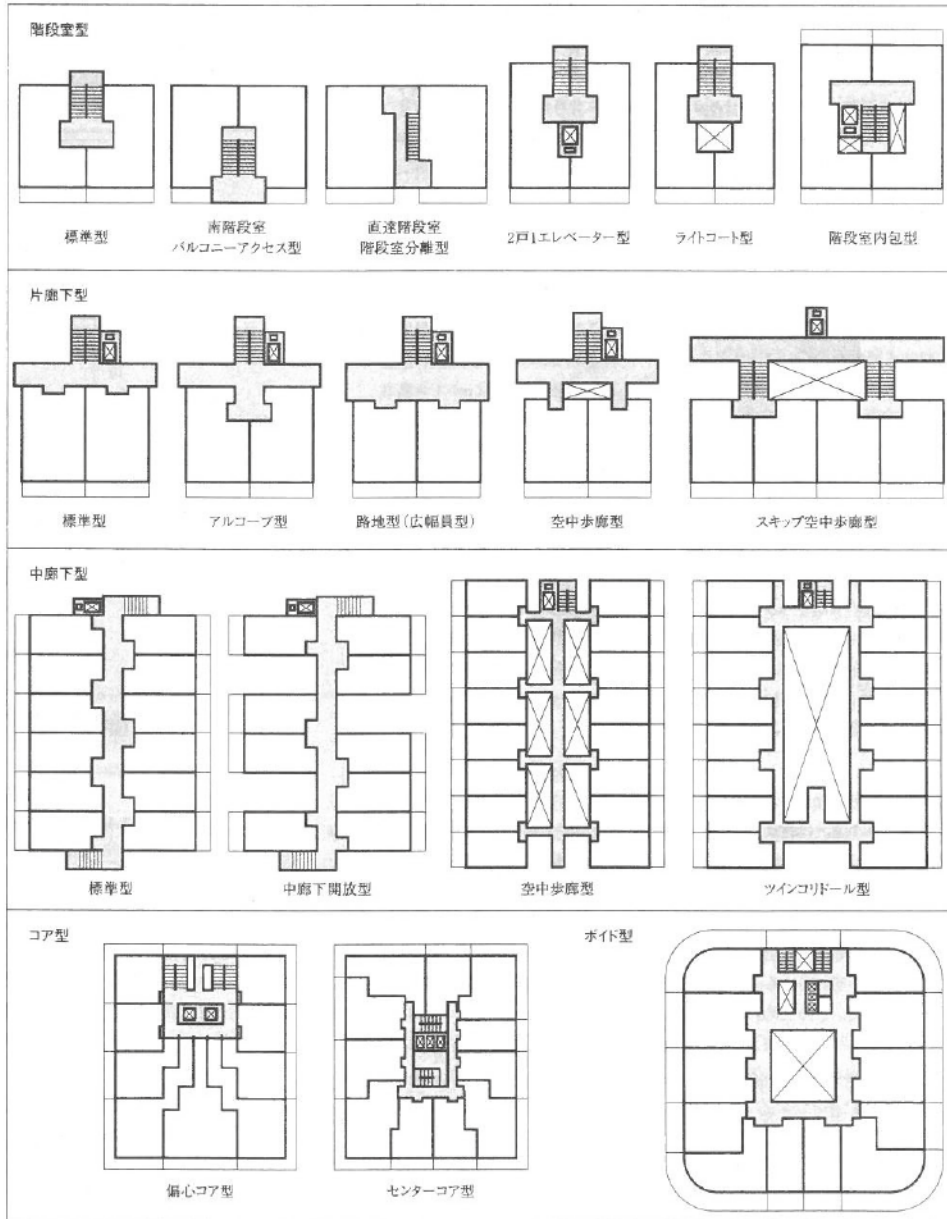


Fig. 3-4 調査対象全体と13年度調査³⁻⁶⁾の住戸プランにおける構成比の比較

Table 3-3 調査対象全体のアクセス方式別の棟数

片廊下型	15
階段室型	0
中廊下型	5
コア型	1

Table 3-4 アクセス方式別の一覧表³⁻⁸⁾



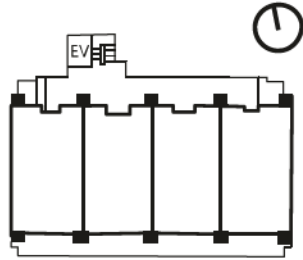


Fig. 3-5 片廊下型の事例 調査対象 No. 21

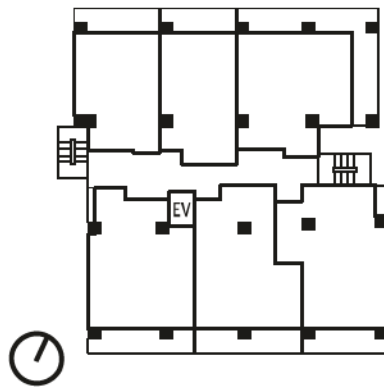


Fig. 3-6 中廊下型の事例 調査対象 No. 9

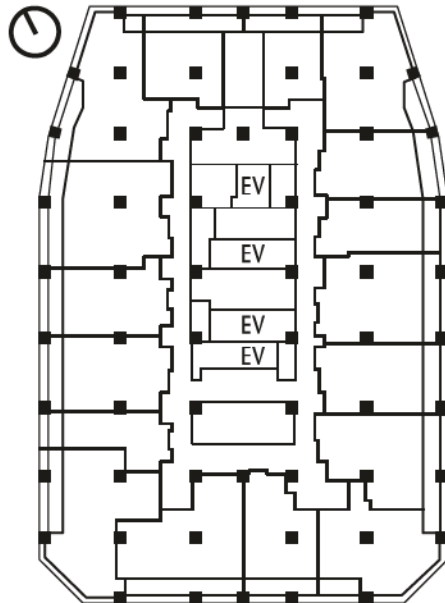


Fig. 3-7 コア型の事例 調査対象 No. 11

注

注3-1) 首都圏とは、国土交通省住宅局の住宅市場動向調査や長谷工総合研究所「CRI」などで定義されている、東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県を対象とする。ただし、本研究の調査対象は、省エネルギー基準の地域区分をすべて6地域とするため、5地域に含まれるさいたま市を除いている。

注3-2) 本研究の調査対象は、 U_A 値算出時の地域区分はすべて6地域であるが、暖房負荷の計算時に選択する地点は、計画の実状を反映するため、建設地に近い気象データを用いている。具体的には、東京、練馬、府中、船橋、横浜である。

注3-3) ここで呼ぶnLDKは、参考文献3-1)のp.121において《集合住宅型》としているうち北側片廊下タイプであり、参考文献3-2)において《広く普及し、定式化されたのが、いわゆるnLDK型(nは個室の数を表す)の間取り》と述べられ、参考文献3-3)において《寝室の増加は、分譲つまり住宅保有に伴う充実要素として…3LDKは、現在の分譲マンション住戸の原型としてほぼ完成した》と述べられているものを指す。

注3-4) 参考文献3-3)によると、《3LDKで供給されるものが73%にのぼり、4LDKは約10%。》と言及されている。

注3-5) 分譲マンションは、建築確認申請が下付されたのち販売が開始されるため、着工戸数と販売戸数はほぼ同数と考えられる。

注3-6) 参考文献3-5)によると、2006年1月～2008年9月に建設された集合住宅総数(1,398,600戸)に占める建設戸数割合のうち、分譲住宅のうち約9割は階数5階以上とある。

注3-7) 調査対象に、階段室型が無いことについて。まず、階段室型とはTable3-4にあるように各階戸数が2戸/階であるが、調査対象の各階戸数の平均が8.7戸/階と大きな住棟規模のものが多かった。無いことについて建設主体にヒアリングを行ったところ、階段室型は、住戸の外壁面数が三面となり外壁面積が増大し、縦動線の数も増え、コスト増の要因となるため、建設数を減らす傾向にある。具体的には、階段室型の中でも、いわゆる2戸1エレベータータイプは、玄関が住戸の中央に取れ(中入り住戸)、分離が容易にできる(玄関右側ゾーンと左側ゾーンの間に水回りという配置)ほか、南北に専用バルコニーが取れ、プライバシーが保たれるなど良い点が多い。しかし、住戸計画によっては階段室、EVホールの排煙が自然排煙とならないケースもあるほか、壁量やEVの数が増え、建築費がかかるという欠点もある。また、玄関ホールが分散することで見栄えのするホールが計画しにくい点もあり、最近の実施例が少なくなっているとのことであった。

3. 2. 住戸形状から見た標本の概要

住戸形状から見た標本 (3LDK 1,603 住戸) の概要を明らかにするため、標本の専有面積 (Fig. 3-8)、住戸表面積 (Fig. 3-9)、住戸平面形状複雑度指数 (Fig. 3-10)、間口 (Fig. 3-11)、奥行間口比 (Fig. 3-12)、開口率 (Fig. 3-13)、主開口庇長さ開口高さ比 (Fig. 3-14) のそれぞれの分布をヒストグラムにより示す。なお、これらの横軸のきざみは、最小値を軸の左端、最大値を軸の右端にとり、これを 10 等分したときの値を示している。

- 1) 専有面積は、平均値、中央値、最頻値が近く、正規分布に近い分布である。なお、専有面積が特に大きい 156.99 m^2 の住戸が 2 つある。この 2 住戸はタワーマンションの特別フロアの仕様のものであるため、今後分析を進める中で、特異点として標本から除くことを検討する。本研究の調査対象は、平均値と中央値、最頻値いずれも 70 m^2 台であることが Fig 3-5 に示されている。専有面積のばらつきが少ないことは、住戸内平面計画の要素に寄与する消費エネルギー量、すなわち暖冷房に関する消費エネルギー量と住戸内平面計画の関係を明らかにしやすいと考える。

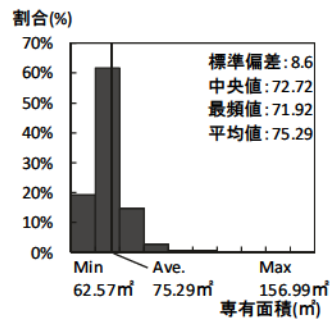


Fig. 3-8 3LDK の 1603 戸における専有面積の分布

- 2) 住戸表面積は、正規分布との乖離が見られるが、極端に大きいものを除けば、できるだけ住戸表面積を抑える傾向にあると考えられる。

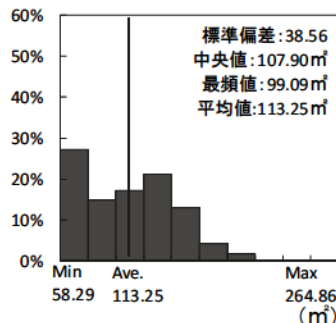


Fig. 3-9 3LDK の 1603 戸における住戸表面積の分布

- 3) 住戸平面形状複雑度指数は、標準偏差も小さく、平均値 (4.33) 及び中央値 (4.3)、最頻値 (4.34) がほぼ同等であり、正規分布に近い分布である。また、3.2 から 5.0 の間に 95.5% が集中している。

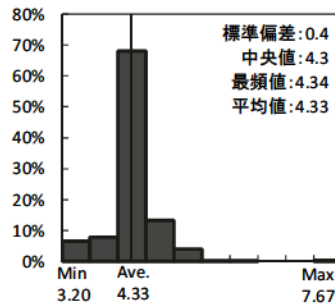


Fig. 3-10 3LDK の 1603 戸における住戸平面形状複雑度指数の分布

- 4) 間口は、正規分布と乖離が見られ、平均は 7.82m であるものの、6m 台に 57.1% が集中している。この傾向は、間口をできるだけ抑え、住戸数を確保する傾向であるためと考えられる。間口における標本の最頻値は、6.2m であった。建設主体へのヒアリングによると、幅 2,400mm のキッチン、幅 900mm の通路、幅 2,700mm の個室、合計 6,000mm に躯体壁 200mm を足して 6,200mm を商品企画の基準にしているとのことである。

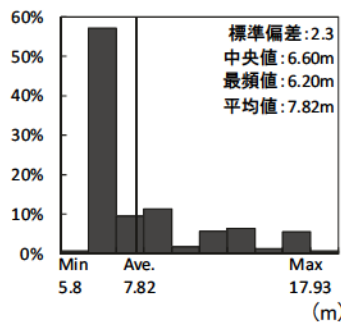


Fig. 3-11 3LDK の 1603 戸における間口の分布

- 5) 奥行間口比は、平均値 1.52、中央値は 1.70、最頻値は 1.87 であり、正規分布との乖離が見られる。

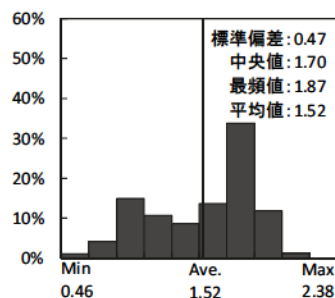


Fig. 3-12 3LDK の 1603 戸における奥行間口比の分布

6) 開口率は、平均以下に中央値があり、できるだけ開口面積を抑える傾向にあるためと考えられる。

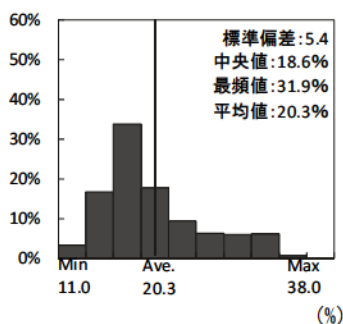


Fig. 3-13 3LDK の 1603 戸における開口率の分布

7) 主開口庇長さ開口高さ比は、平均以上に中央値や最頻値がある。この傾向は、庇がバルコニーで形成されていることが多く奥行き 2.0m 程度のバルコニーと、開口 2.2m 及び梁成 0.8m を加えた開口高さ 3.0m、すなわち主開口庇長さ開口高さ比 0.67 というような比率のものが多く推察される。また、0.1 前後に見られる標本は、リビングの主開口の前にバルコニーを持たない中廊下型やコア型などの角住戸などの群であることも分かった。

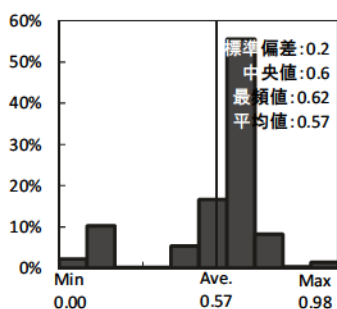


Fig. 3-14 3LDK の 1603 戸における主開口庇長さ開口高さ比の分布

本節では、要素の中には、寸法や比率にばらつきが大きいものがあると分かった。ここでのばらつき（分布の散らばり）が大きいとは、平均 (μ) \pm 標準偏差 (σ) の範囲を超えている Fig. 3-8 から Fig. 3-14 の X 軸の値を指す。例えば、住戸平面形状複雑度指数の最大値は 7.67 であり、 $\mu + 9\sigma$ の範囲に属する。該当住戸の平面形状を確認すると、外壁の形状が凹凸しており、暖房負荷についても標本の中では最も高い結果のひとつである。この一例が示す可能性として、住戸平面形状複雑度指数の値を小さくすることで、暖冷房負荷の抑制を検討する余地があるのではないかと予測できる。

3. 3. 外的条件から見た標本の概要

外的条件から見た標本（3LDK 1,603 住戸）の概要を明らかにする。標本の方位（Table 3-5）、開放面数（Table 3-6）、隣棟建物（Table 3-7）の度数分布表を示す。

方位（Table 3-3）について、最も割合が大きいのは南向きであった。東や西も大きな割合を占めている。また、北向き住戸も 1.2% 存在し、アクセス方式がコア型のもの、土地形状からやむをえず計画されたと考えられるものであった。この結果より 3LDK という同じ間取りでありながらも、リビングが南以外を向いているものも多いことが明らかとなった。

開放面数（Table 3-6）について、開放面数のモデル図により一覧表にしたものを Table 3-8 に示す。文や表中では開放面数一面は（×）、両端二面は（●）、連続二面は（△）、三面四面は（○）と表記する。まず、両端二面（●）開口型の占める割合が最も多いことが分かった。これは、Fig 3-15 に示すような片廊下型の両端二面（●）開口型でもあり、いわゆる典型的な 3LDK^{注3-8)} であり、標本全体の 35.7% を占めることが分かった。一方で、連続二面（△）と三面四面（○）の合計が 42.7% に達しており、角住戸や妻住戸もある一定数あることが分かる。なお、調査対象の中から、両端二面の住戸内平面計画について Fig. 3-15 に示す。

隣棟建物（Table 3-7）について、対象住戸の半数近くに何らかの日射取得に対する影響があることが明らかとなった。本研究では、隣棟建物は設計時に工夫することができないものであるが、都市部のような隣棟建物がほぼ確実にあるような環境において、すなわち低層と中層、高層が同じ建築デザインであることは、省エネルギーの工夫を建築デザインで答えていないと推察されるため、今後の検討課題としたい。

Table 3-5 3LDK の 1,603 戸における方位の構成比

方位	% : units
S	43.6% : 699
W	25.3% : 406
E	29.9% : 479
N	1.2% : 19




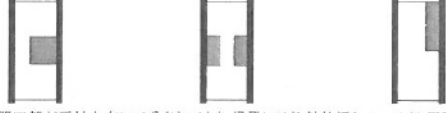




Table 3-6 3LDK の 1,603 戸における開放面数の構成比

開放面数（凡例）	% : units
一面（×）	21.6% : 346
両端二面（●）	35.7% : 573
連続二面（△）	14.8% : 237
三面四面（○）	27.9% : 447

Table 3-7 3LDK の 1,603 戸における隣棟建物の構成比

隣棟建物	% : units
有	48.0% : 770
無	52.0% : 833

Table 3-8 開放面数の一覧表³⁻⁸⁾

	開口面数による住戸の類型と特徴	浴室・洗面・便所等の水まわりコアの配置
一面開口型	 <p>中廊下型住棟やコア型住棟等で用いられる。奥行方向へ2室並べることが困難であり、住戸間口が十分に広くないと居住性に問題が生じやすい。スタジオタイプなどの小規模住戸に多い。</p>	 <p>限られた開口部を活用するために、コアは廊下などの側に寄せて配される例が多く、玄関まわりが閉鎖的になりやすい。</p>
両端二面開口型	 <p>最も一般的な型。住戸間口を狭めて横へ連続されることで、戸数密度を高めることが可能なことから、多く建設されてきた。したがって住戸間口に比べて奥行きが長い場合が多く、片廊下型住棟では入口からの動線スペースが面積をとる。</p>	 <p>開口部が反対方向に二分されており、通風には比較的優れているが、反面中央部のコアによって居室ゾーンが画然と分断された平面構成になりがち。</p>
連続二面開口型	 <p>コア基塔状住棟等の隣部住戸や雁行住棟などで用いられる。2面の開口部が連続していることから比較的コンパクトにまとまった住戸計画が可能になる反面、壁面で囲まれた隣部の居住性に問題が生じやすい。</p>	 <p>隣部にコアを設ける以外にも、外気に面して水まわりを配する住戸計画も比較的無理なく可能となり、計画の自由度が増す。</p>
三面・四面開口型	 <p>住棟の端部住戸やY字型住棟、階段室分離型住棟等で用いられる型。外壁面が長いことから、開口部を最も多く確保することができ、居住性の高い住戸計画が可能となる。しかし、この型の住戸数を多く用いれば、住戸密度は低下せざるを得ない。</p>	 <p>他の居住空間の居住性を確保しながら、水まわりの位置を比較的自由に配置可能であり、住戸計画の自由度は最も高い。</p>

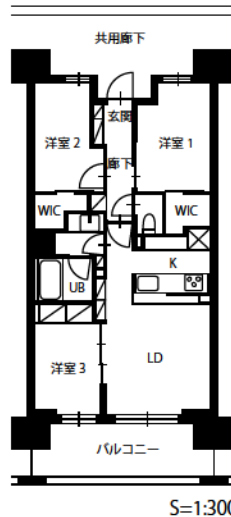


Fig. 3-15 3LDKの1603戸の標本に含まれる代表的な3LDK（両端二面）

注

注3-8) 典型的な3LDKとは、参考文献3-1)による鈴木らが「集合住宅型」としているうちの北側片廊下のタイプであり、参考文献3-3)による山本が「3LDKの原型像」と述べ、参考文献3-9)による、佐々木らが「定型3LDK」と呼んでいるものである。

3. 4. 外的条件を揃えた場合の標本の概要

外的条件を揃えるため、日射熱取得に影響を与える隣棟建物^{注3-9)}が無いものの中で、最上階と最下階を除いた中間階のもの 711 住戸^{注3-10)}を取り出す。方位について、その内訳は南向きが 227 住戸、西向きが 239 住戸、東向きが 236 住戸、北向きが 7 住戸であった。なお、北向き住戸の標本数は 7 であるが、その内の 6 住戸は住戸プランや住戸形状の要素が全く同じであり、実質の標本数が 2 となることから、北向き住戸は標本から除いた。さらに、専有面積が特に大きな 2 住戸については検討から除くこととする^{注3-11)}。結果、702 住戸となり方位別に分類すると Table 3-9 の構成となる。次に、開放面数について、その内訳は一面 (×) が 283 住戸、両端二面 (●) が 154 住戸、連続二面 (△) が 140 住戸、三面四面は (○) が 125 住戸であった。なお、方位の分析の際に標本から除いている 9 住戸は含まれていない。標本のばらつきを抑えるために隣棟建物の影響が無い住戸に限定し、方位及び開放面数別に標本数を確認したが、北向きを除き、どの方位と開放面数の組合せ (以下、住戸タイプ) においても一定以上の標本数が有ることが分かった。



Fig. 3-16 調査対象(2,229 戸)と標本(1603 戸)と 外的条件を揃えた場合の標本(702 戸)の関係について

Table 3-9 外的条件を揃えた 3LDK の 702 戸における方位別の開放面数の構成比 (% : units)

		開放面数				計
		一面 (×)	両端二面 (●)	連続二面 (△)	三面四面 (○)	
方位	S	6.8% : 48	15.1% : 106	3.4% : 24	7.0% : 49	32.3% : 227
	W	17.8% : 125	1.4% : 10	10.4% : 73	4.4% : 31	34.0% : 239
	E	15.7% : 110	5.4% : 38	6.1% : 43	6.4% : 45	33.6% : 236
計		40.3% : 283	21.9% : 154	19.9% : 140	17.8% : 125	100% : 702

注

注3-9) Table 2-3にある隣棟建物の定義の通りである。

注3-10) 最上階と最下階を除いた中間階の中には、階高、開口面積、手摺の仕様（コンクリート製またはガラス製）やスラブ厚など、仕様の違いが見られるため、住戸プランが同じものも別の標本として取り扱った。

注3-11) 専有面積が特に大きな住戸は、面積が 156.99 m²であった。内訳は連続二面（△）の西向き及び東向き住戸それぞれ1住戸ずつであった。この2住戸はタワーマンションの特別フロアの仕様のものであり、一般的な住戸計画ではないため、特異点として標本から除いた。

3. 5. 結論

本章では、建設主体に事例提供を依頼し、分譲マンションの建築図面を収集し、2章で分類した7つの「住戸形状」の要素と、3つの「外的条件」を中心にデータを整理した。

まず、調査対象(2,229戸)の妥当性を検証するため、昨今の分譲マンションの建設状況と照らし合わせ、建築と統計的な条件両面から確認し、有益な示唆が得られるものと考えられる調査対象であることが分かった。続けて、調査対象の中から標本とする3LDK(1,603戸)の傾向を把握するため、住戸形状や外的条件における住戸計画の物理的な寸法や比率により定量化し、ヒストグラムなどを用いて要素別に傾向を把握した。住戸形状から見た標本について、住戸形状の要素の中には、一部に寸法や比率にばらつきが大きいものがあるが、各要素の寸法や比率、形状を変化させることで、暖冷房負荷の抑制を検討する余地があるのではないかと予測できた。外的条件から見た標本について、半数近くが隣棟建物による影の影響があることが分かった。本研究は、できるだけ外的条件を揃え、住戸内平面計画により消費エネルギー量を削減することを明らかにする研究として位置づけているため、半数近くの標本を分析から外すことになるが、隣棟建物がある条件下の住戸内平面計画の工夫については今後の課題としたい。

最後に、外的条件を揃えた標本(702戸)の概要から、標本のばらつきを抑えるために隣棟建物の影響が無い住戸に限定し、方位及び開放面数別に標本数を確認したが、北向きを除き、どの住戸タイプにおいても一定以上の標本数が有ることが分かった。これらから、有益な結果につながる可能性がある標本であることが分かった。このデータベースに基づき、第4章と第5章において、分析例を示す。

参考文献

- 3-1) 鈴木 成文: 住まいを読む, 建築資料研究社, 1999. 2
- 3-2) 川崎 寧史, 山田 あすか: テキスト建築計画, 学芸出版社, p.34, 2010
- 3-3) 山本 理: マンションは商品として熟成したか?, CRI, no.237, pp.2-11, 長谷工総合研究所, 1998. 5
- 3-4) 佐藤 隆良: 先読みコスト&プライス, 日経アーキテクチャ, no.1042, pp, 15-17, 2015. 2
- 3-5) 独立行政法人建築研究所 他: 住宅の省エネルギー基準に関する検討 調査報告書, 国土交通省, p.5, 2011. 3
- 3-6) MRC: マンションデータマップ首都圏版1都3県2013年計, MRC, 2015
- 3-7) 総務省統計局: 平成20年住宅・土地統計調査報告, 総務省統計局, 2008 (<http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2008/>) (参照2014.2.4)
- 3-8) 日本建築学会: 建築設計資料集成 総合編, p.291, 丸善, 2001. 6
- 3-9) 佐々木 誠, 花里 俊廣: 新築民間分譲マンションにおける住戸定型化とその要因の分析, 日本建築学会計画系論文集, 第535号, pp.59-66, 2000. 9

4章 住戸形状の要素と暖房負荷の相関

4. 1. 暖房負荷と各断熱に係る設計指標の算出方法

暖房負荷は、シミュレーションツール^{注4-1)}を用いて算出する。シミュレーションの設定はTable 4-1の通りである。なお、本研究の調査対象はすべて、H25基準により各断熱に係る設計指標や暖房負荷を算出している。

Table 4-1 暖房負荷シミュレーションの設定条件^{注4-2)}

期間	Nov.11~Apr.17		
温度湿度設定	間欠運転	Temperature : 20℃ Humidity:なりゆき	
空調稼働時間	Week-day	LDK	6~10、12~14、16~24
		Bedroom1 ^{注4-3)}	20~21、22~24
		Bedroom2	18~19、21~23
		Bedroom3 ^{注4-3)}	OFF
	Holi-day	LDK	8~14、16~23
		Bedroom1 ^{注4-3)}	8~12、16~19、20~23
		Bedroom2	9~13、20~23
		Bedroom3 ^{注4-3)}	OFF
周囲などの設定	隣戸・上下階の住戸及び地下ピット・エントランスホールなどは、(熱貫流率×表面積)×温度差係数とし、外壁面と比較し緩和して計算。 ^{注4-4)}		
非空調空間の設定	住戸内で非空調空間 ^{注4-5)} (Bathroom and toilet etc.)も同時に、シミュレーションし、住戸内のLDKや寝室への影響を加味している。		
内部発熱 ^{注4-6)}	<ul style="list-style-type: none"> ・照明発熱、及び機器発熱を、各室で加味している。 ・人体発熱を各室で加味している。 ・調理発熱。 		
機械換気	0.6 times/h ^{注4-7)}		
局所換気	レンジフード、トイレ、浴室について加味している。		
気象 ^{注4-8)}	拡張アメダス気象データ 1981-2000 日本建築学会		

注

注4-1) シミュレーションソフトは、建築環境・省エネルギー機構でつくられた、建築物の総合的なエネルギーシミュレーションツール「BEST (Building Energy Simulation Tool)」を使用した。ソフトの特徴としては、設備システムとの連成計算と建築単独計算の両方が可能であり、計算時間間隔が可変、室間の相互影響を考慮できる、温熱環境指標の値が得られるなどである。また、国際的なプログラム検証手法である BESTEST による検証も行われている。このツールでは、外壁や住戸、窓面積、庇長さだけでなく、袖壁やバルコニーの手摺、簡易的に隣棟建物も入力することができる。例えば、外壁面積の拾い方は、Fig. 4-1 の平面図の場合、 $(2X + 2y) \times$ 階高となり、外壁がクランクしている形状を踏まえて入力する。また、窓についても全ての窓について面積やガラスの物性、方位、属する室について入力している。その他、室間の温度差を考慮するため、LDK、各 Bedroom、非空調空間（グレーに塗られた廊下や水まわりなど）に分けて数量を拾い、間仕切り壁を介した熱の移動についても考慮している。

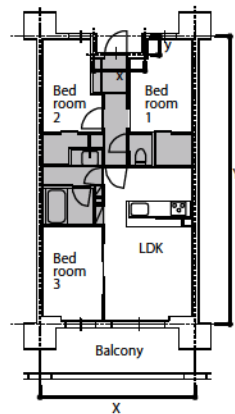


Fig. 4-1 参考の住戸プラン

注4-2) シミュレーションの設定条件やライフスタイルについては、参考文献 C4-1) の設定を参考にした。

注4-3) 平成 22 年国勢調査人口等基本集計(総務省統計局)によると、分譲マンションの 1 世帯あたり人員は、平均 2.46 人であり、一般世帯においても 1960 年以降は減少し続けている。また、参考文献 C4-2) によると、家族類型別世帯数構成比については、1985 年に単身世帯の全国平均 20.8% だったものが、2010 年に 32.4% まで増加している一方で、夫婦と子のいる世帯は 40.0% から 27.9% まで減少している。以上のような居住人数減少の背景より、Bedroom 3 は納戸のような利用頻度の低い室として利用しているものと解釈した。具体的には、参考文献 4-1) の表 3.3.13 にある寝室を本研究の Bedroom 3、子供室 1 を本研究の Bedroom 1、子供室 2 を本研究の Bedroom 2 とした。

注4-4) 参考文献 4-3) の表 3.2.6 を参照した。具体的には、 $(\text{熱貫流率} \times \text{表面積}) \times \text{温度差係数}$ として計算した。表面積とは、参考文献 2-25)、pp. 26-27 による「外皮等」の部位の

面積である。「温度差係数 (Attached Table 2-1)」とは、参考文献 2-25)、pp. 60-61 の表 1 に示す通りである。

注 4-5) 非空調空間 (Non-conditioned space) とは、改正省エネルギー基準に基づく「非居室」と同義としている。具体的には、浴室、トイレ、洗面所、廊下、玄関、間仕切り、扉などで区切られた、押し入れ、クローゼットなどの収納などである。

注 4-6) 照明負荷は、Table 4 にある空調稼働時間の就寝時間 (Bedtime) 以外を点灯時間と想定し、LDK はゾーン床面積 $\times 10\text{W/m}^2$ 、それ以外 (Bedroom や Non-conditioned space) はゾーン床面積 $\times 5\text{W/m}^2$ とした。人体発熱は、Table 4 にある空調稼働時間を在室時間として、LDK は 3 人、Bedroom は 1 人とし、 1.2Met/人 とした。機器発熱及び調理発熱は、どのゾーンも連続的にゾーン床面積 $\times 5\text{W/m}^2$ とし、LDK の在室時間のみ 5W/m^2 を加算している。

注 4-7) 実状に近づけるため、基準法の 0.5 回/h に、窓開け換気などを加味して 0.6 回/h としている。

注 4-8) 本研究の調査対象は、断熱に係る設計指標の算出時における改正省エネルギー基準の地域区分は全て 6 地域であるが、冷房負荷の計算時に選択する地点は、計画の実状を反映するため、建設地に近い気象データを用いている。具体的には、東京、練馬、府中、船橋、横浜である。

4. 2. 暖房負荷と各断熱に係る設計指標の関係

散布図を用いて、各断熱に係る設計指標と暖房負荷との関係 (Fig. 4-1) を見る。U_A 値については相関係数が 0.53、q 値については相関係数が 0.58、m_c 値については相関係数が 0.20 であった。これらから、暖房負荷との相関は、U_A 値と q 値に相関が見られることが分かった。

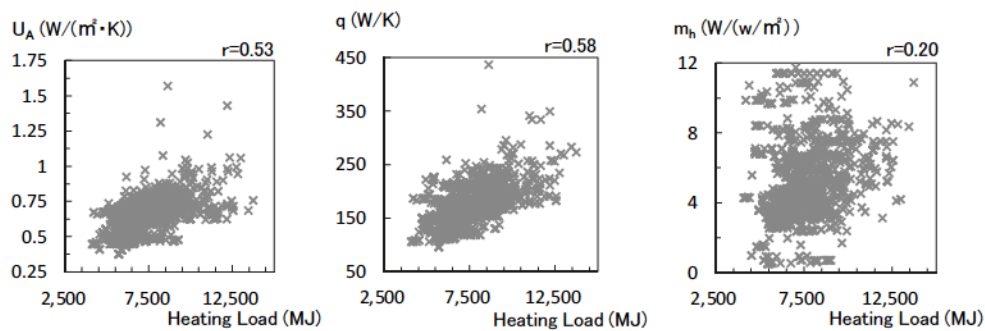


Fig. 4-1 暖房負荷と各断熱に係る設計指標の関係

4. 3. 住戸形状の各要素から見た暖房負荷と断熱に係る設計指標の比較

4. 3. 1. 分析方法と住戸形状の各要素別の分析

散布図を用いて、住戸形状の各要素別に暖房負荷と断熱に係る設計指標相互の影響関係を比較した。外的条件のひとつである4つの開放面数ごとに層別し、Fig. 4-2からFig. 4-8に示した。また、相関係数は信頼区間95%の範囲で判断すると、有意性の検定により、 $|r| > 0.12$ であれば無相関では無いと判断できる。なお、図中では開放面数一面は(×)、両端二面は(●)、連続二面は(△)、三面四面は(○)と表記する。

1) 専有面積との関係 (Fig. 4-2)

暖房負荷と専有面積について、開放面数連続二面(△)において、強い負の相関が見られる。しかし、専有面積が増加するほど暖房負荷が抑制できる相関は、物理的な現象として説明が付かない。なお、 m_h 値や q 値の一部の開放面数については、強い正の相関が見られる。

$0 \leq |r| \leq 0.2$ $0.2 < |r| \leq 0.4$ $0.4 < |r| \leq 1.0$

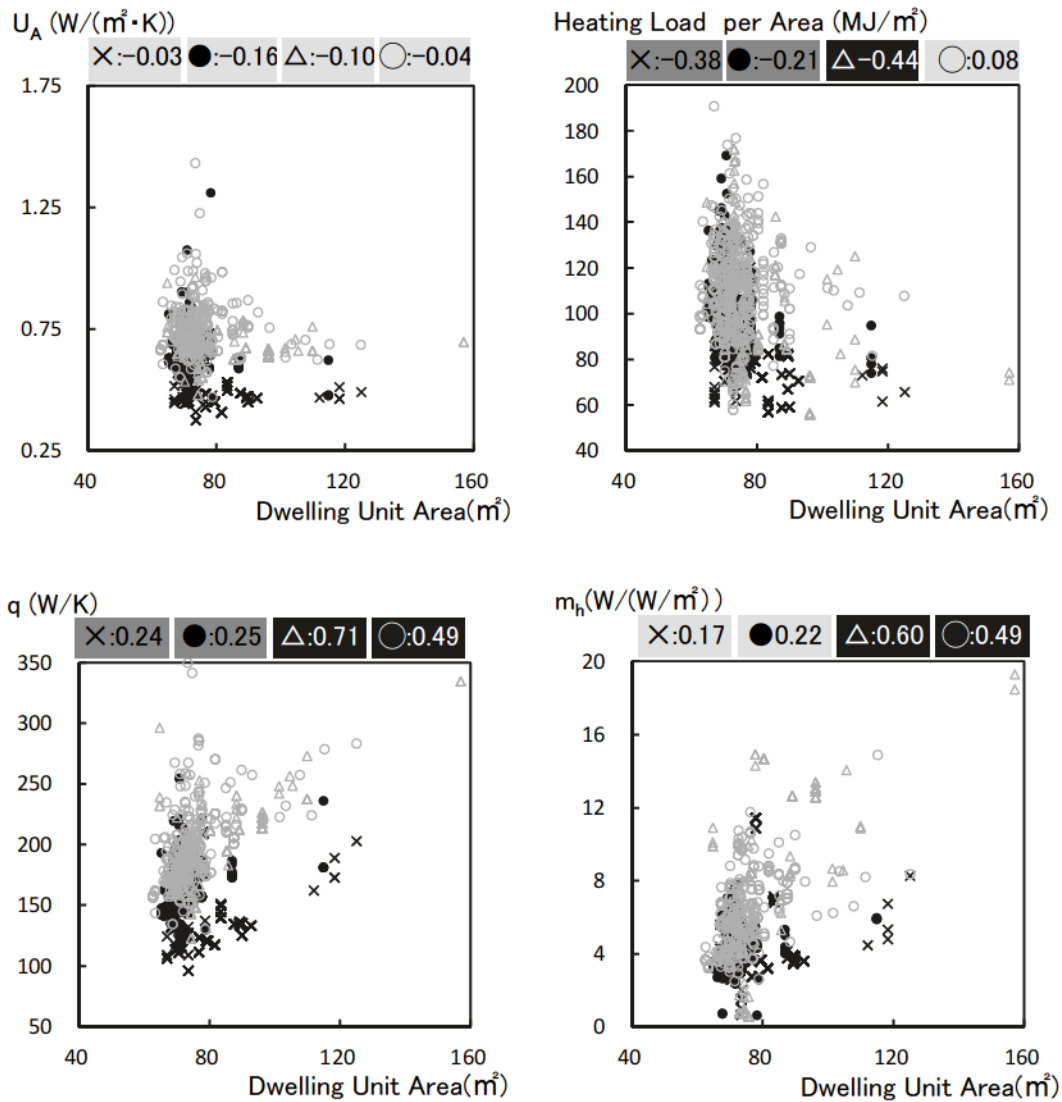


Fig. 4-2 専有面積との関係

2) 住戸表面積との関係 (Fig. 4-3)

暖房負荷と住戸表面積について、両端二面は (●) において、強い正の相関が見られ、暖房負荷を抑制できる可能性がある。なお、 q 値や m_h 値、 U_A 値の一部の開放面数については、強い正の相関が見られる。特に、開放面数両端二面は (●) は、いずれも強い正の相関が見られる。

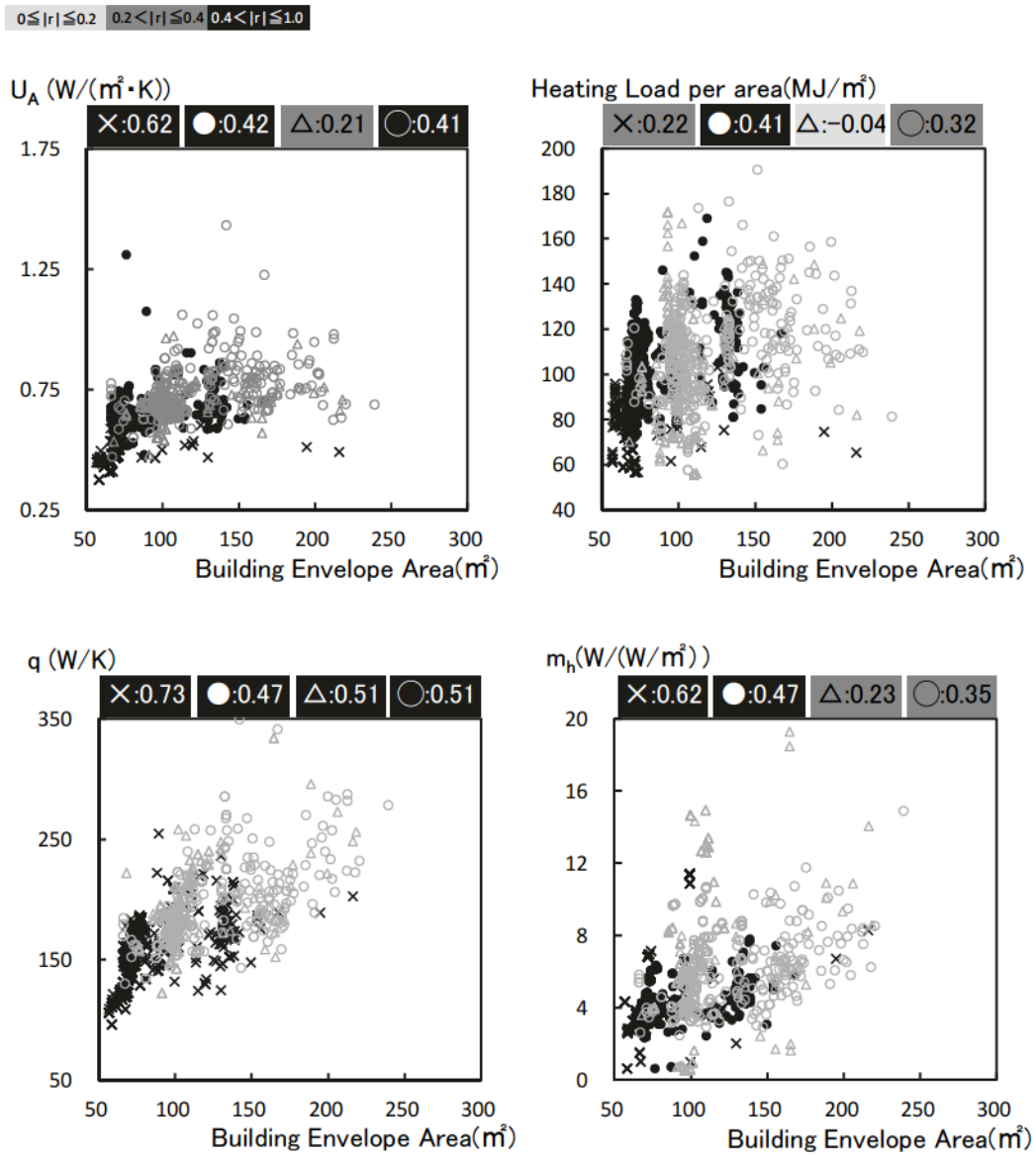


Fig. 4-3 住戸表面積との関係

3) 住戸平面形状複雑度指数 (Fig. 4-4)

暖房負荷と住戸平面形状複雑度指数について、開放面数一面 (X) において、強い正の相関が見られ、暖房負荷を抑制できる可能性がある。なお、いずれの断熱に係る設計指標においても強い正の相関は見られなかった。

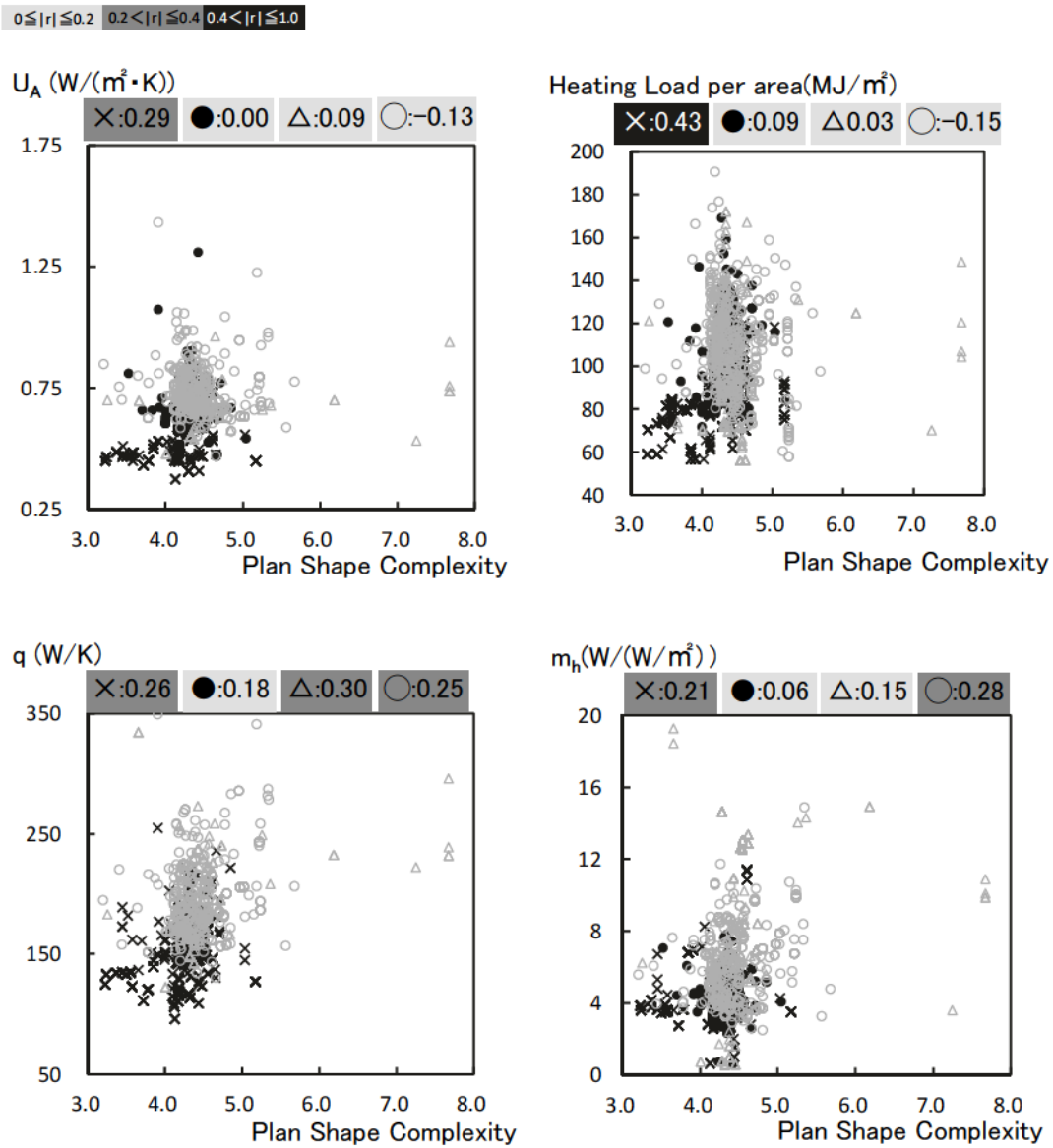


Fig. 4-4 住戸平面形状複雑度指数との関係

4) 間口との関係 (Fig. 4-5)

暖房負荷と間口について、いずれの開放面数においても強い相関は見られないことが分かった。なお、 m_h 値や q 値、 U_A 値の一部の開放面数において、強い正の相関が見られる。

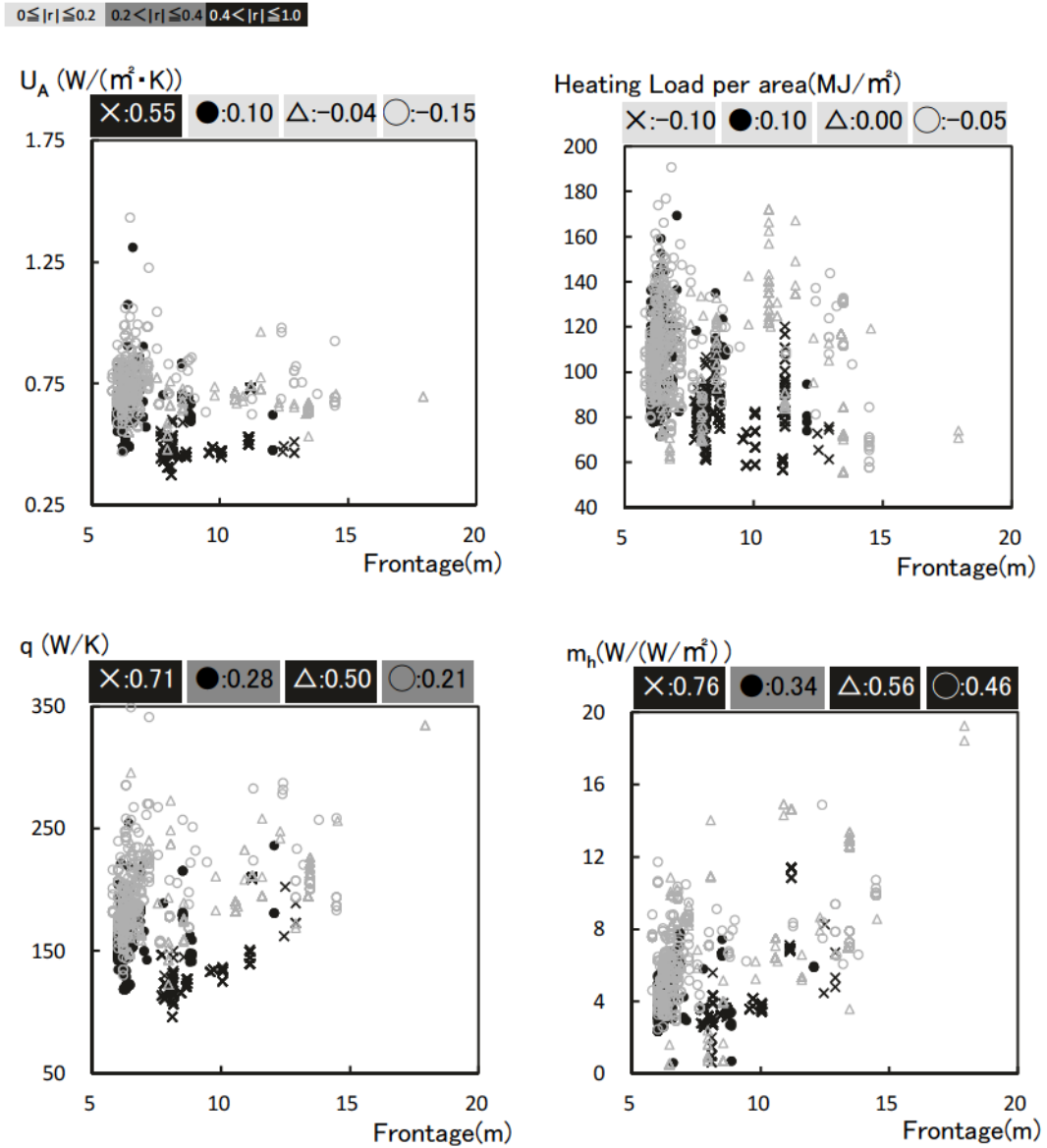


Fig. 4-5 間口との関係

5) 奥行間口比との関係 (Fig. 4-6)

暖房負荷と奥行間口比について、いずれの開放面数においても強い相関は見られないことが分かった。なお、 m_h 値や q 値、 U_A 値の一部の開放面数においても、強い相関が見られる。特に、 m_h 値や q 値、 U_A 値の開放面数一面 (×) は、いずれも強い負の相関が見られる。

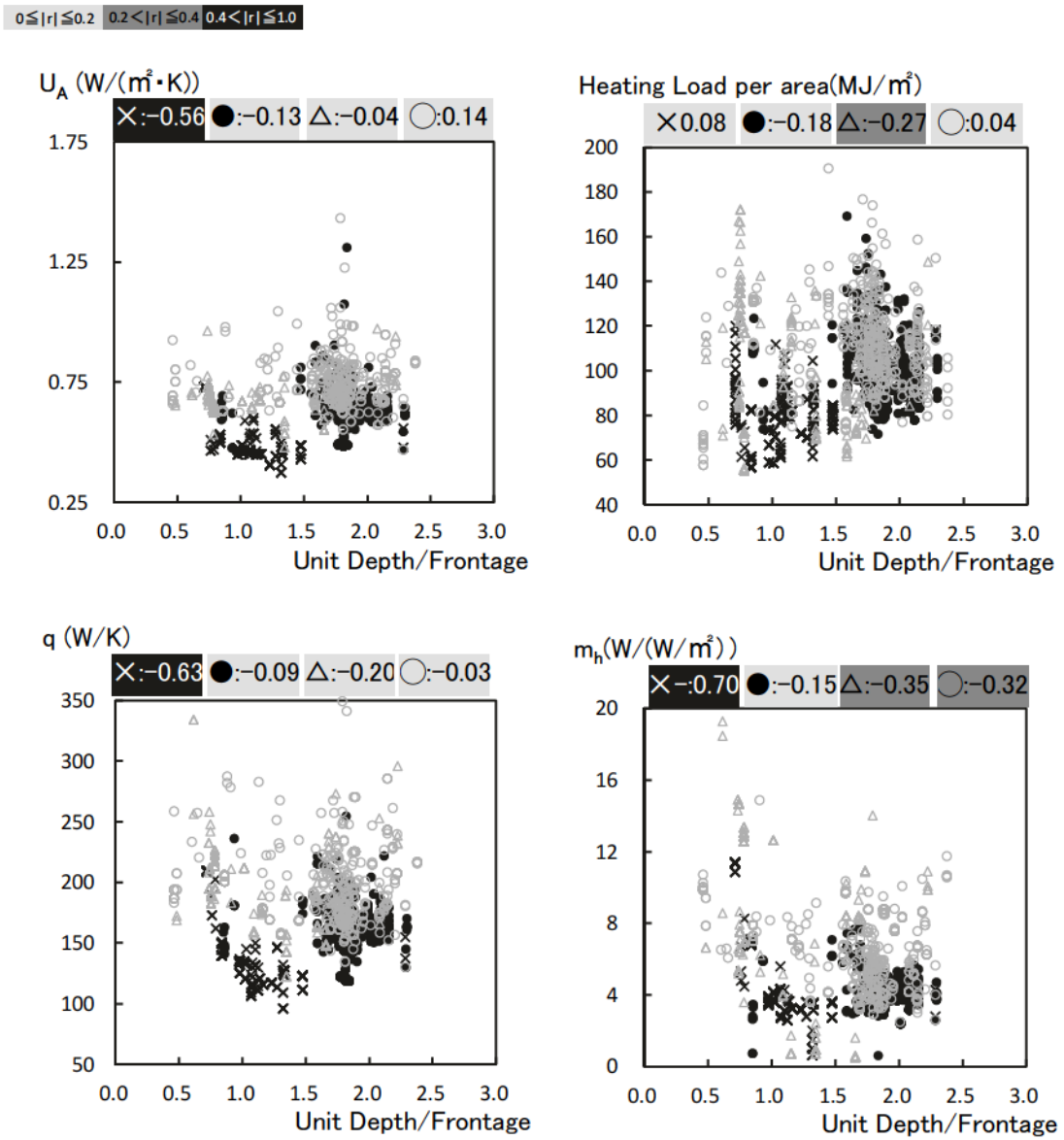
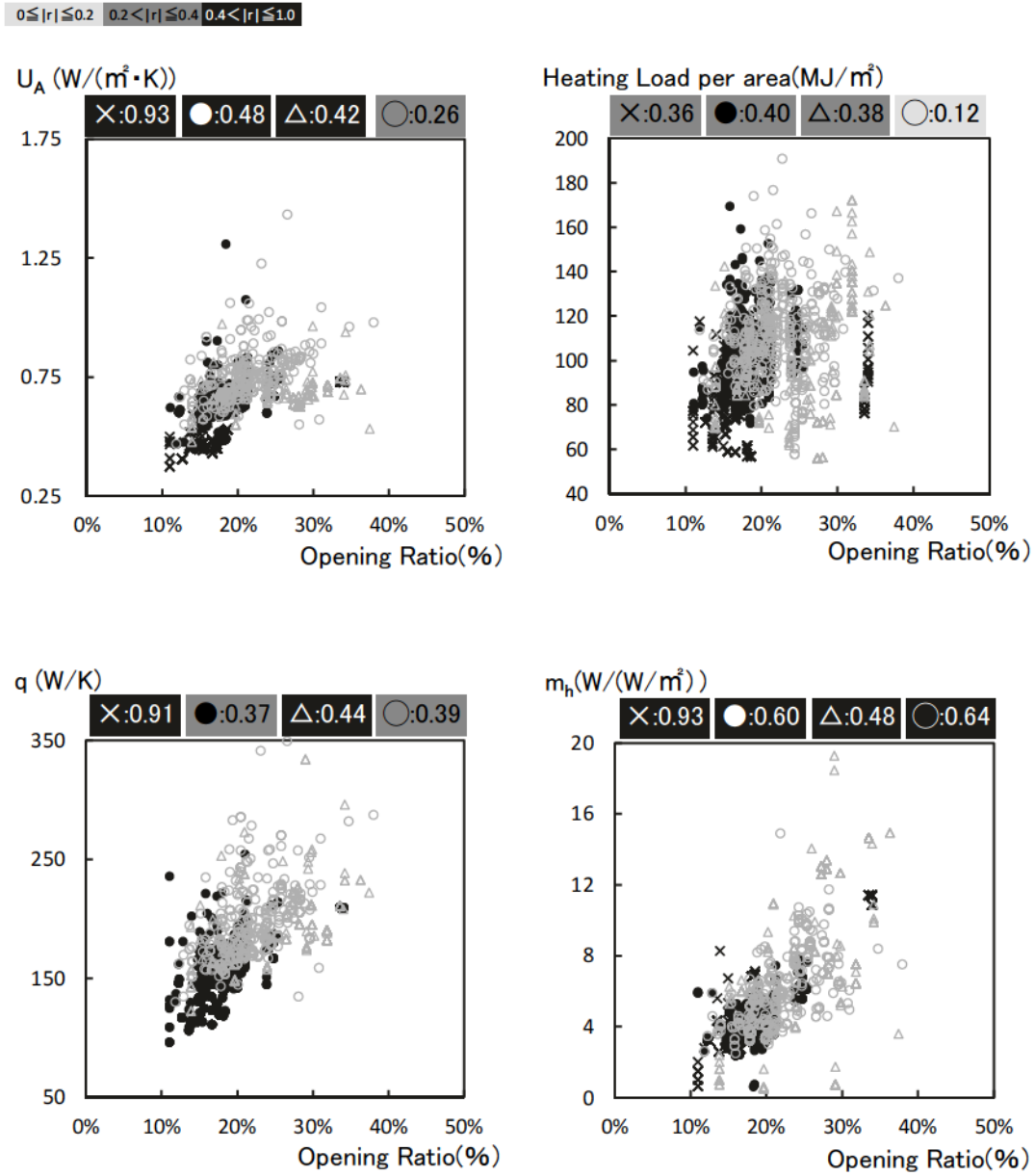


Fig. 4-6 奥行間口比との関係

6) 開口率との関係 (Fig. 4-7)

暖房負荷と開口率について、いずれの開放面数においても強い相関は見られないことが分かった。なお、 m_h 値や q 値、 U_A 値の一部の開放面数において、強い相関が見られる。



7) 主開口庇長さ開口高さ比との関係 (Fig. 4-8)

暖房負荷と主開口庇長さ開口高さ比について、いずれの開放面数においても強い相関は見られないことが分かった。なお、 U_A 値や q 値、 m_h 値の一部の開放面数において、強い相関が見られる。特に、 U_A 値や q 値、 m_h 値の一面 (×) は、いずれも強い負の相関が見られる。

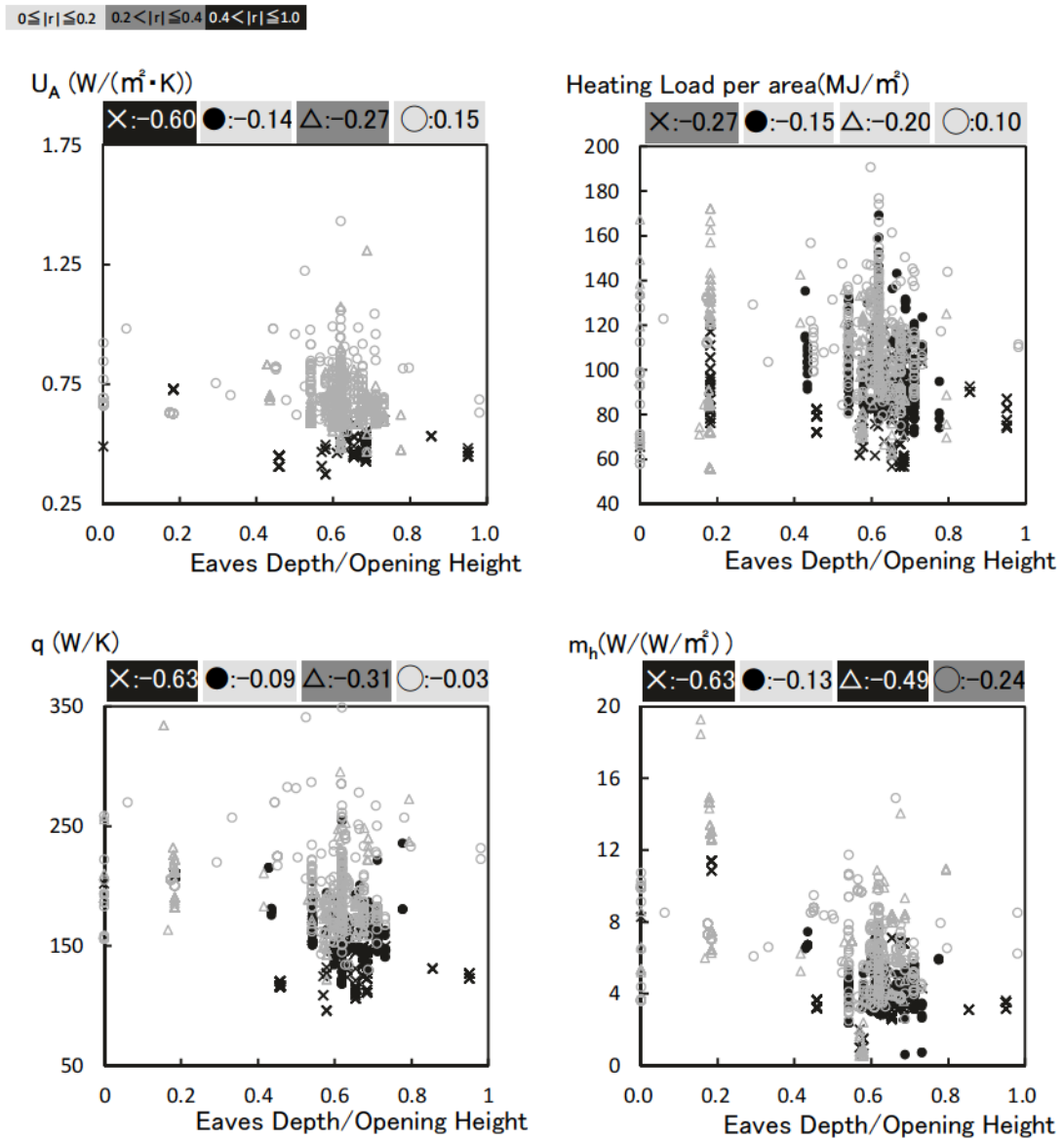


Fig. 4-8 主開口庇長さ開口高さ比との関係

4. 3. 2. 小結

Fig. 4-2 から Fig. 4-8 までの暖房負荷と断熱に係る設計指標別に相関係数を一覧表で示した (Table 4-2)。まず、暖房負荷については、住戸表面積 (Fig. 4-3) の開放面数両端二面 (●)、住戸平面形状複雑度指数 (Fig. 4-4) の開放面数一面 (×) において、強い正の相関が見られた。そのほかに、奥行間口比 (Fig. 4-6)、開口率 (Fig. 4-7)、主開口底長さ開口高さ比 (Fig. 4-8) についても、一部の開放面数に相関が見られる。なお、専有面積 (Fig. 4-2) の開放面数連続二面 (△) において強い負の相関が見られるが、専有面積が増加するほど暖房負荷が抑制できる相関は、物理的な現象として説明が付かない。次に、暖房負荷と断熱に係る設計指標の関係について見る。物理的な現象として説明が付かない専有面積以外の Fig. 4-3 から Fig. 4-8 を中心に見ると、暖房負荷の相関係数と傾向に近い断熱に係る設計指標は q 値や m_h 値であることが分かった。しかし、 m_h 値については、Fig. 4-1 と相反する傾向である。そこで、次節 4. 4. では、暖房負荷と q 値を中心に分析を進めることとする。本節で明らかになったのは、暖房負荷と専有面積の相関については、物理的な現象として説明が付かないことから標本に異なる条件のデータが混在していると推察される。加えて、住戸形状の要素によっては断熱に係る設計指標に有効性があることを確認できたが、有意性の検討により $|r| > 0.12$ であれば無相関とは言えない。これらから、重回帰分析を進めるには外的条件を揃える必要がある。そこで、次節 4. 4. ではさらに外的条件を揃えたデータベースを作成する。分析例を示し、消費エネルギー量の削減するための住戸内平面計画の可能性を確認する。

Table 4-2 暖房負荷と断熱に係る設計指標別に見る相関係数の一覧

Fig	U_A (W/(m ² ·K))				Fig	Heating Load (MJ/m ²)			
	×	●	△	○		×	●	△	○
4-2 専有面積	-0.03	-0.16	-0.10	-0.04	4-2	-0.38	-0.21	-0.44	0.08
4-3 表面積	0.62	0.42	0.21	0.41	4-3	0.22	0.41	-0.04	0.32
4-4 複雑度	0.29	0.00	0.09	-0.13	4-4	0.43	0.09	0.03	-0.15
4-5 間口	0.55	0.10	-0.04	-0.15	4-5	-0.10	0.10	0.00	-0.05
4-6 奥行/間口	-0.56	-0.13	-0.04	0.14	4-6	0.08	-0.18	-0.27	0.04
4-7 開口率	0.93	0.48	0.42	0.26	4-7	0.36	0.40	0.38	0.12
4-8 底/開口高	-0.61	-0.14	-0.28	0.15	4-8	-0.27	-0.15	-0.20	0.10
Fig	q (W/K)				Fig	m_h (W/(W·m ²))			
	×	●	△	○		×	●	△	○
4-2 専有面積	0.24	0.25	0.71	0.49	4-2	0.17	0.22	0.60	0.49
4-3 表面積	0.73	0.47	0.51	0.51	4-3	0.62	0.47	0.23	0.35
4-4 複雑度	0.26	0.18	0.30	0.25	4-4	0.21	0.06	0.15	0.28
4-5 間口	0.71	0.28	0.50	0.23	4-5	0.76	0.34	0.56	0.46
4-6 奥行/間口	-0.63	-0.09	-0.20	-0.03	4-6	-0.70	-0.15	-0.35	-0.32
4-7 開口率	0.91	0.37	0.44	0.39	4-7	0.93	0.60	0.48	0.64
4-8 底/開口高	-0.63	-0.09	-0.31	-0.03	4-8	-0.63	-0.13	-0.49	-0.24

4. 4. 外的条件を揃えた場合の傾向

4. 4. 1. 分析方法と住戸形状の各要素から見た暖房負荷と q 値の傾向

詳細なシミュレーションを行わなくとも寸法や比率などの定量的な指標によって、消費エネルギー量の削減するための住戸内平面計画を可能とするため、さらに外的条件の要素を揃えたデータベースを作成した。そのデータベースを元に、住戸形状の要素別に暖房負荷と q 値の傾向や関係を明らかにするため、開放面数と方位の組み合わせをひとつのタイプ（以下、住戸タイプ）ごとに層別した散布図（Fig. 4-9 から Fig. 4-15 まで）を用いて比較を行った。さらに、相関の強さを Table 4-3 から Table 4-9 に示した。なお、相関係数を信頼区間 95% の範囲で判断し、有意性の検定により無相関であるものはセルを白地とした。加えて、相関が見られるものの前節と比べ傾向が相反するものについては、相関係数の一覧表の文字にアンダーバーを追記している。

1) 方位別の専有面積との関係 (Fig. 4-9・Table 4-3)

暖房負荷と専有面積について、前節では、いずれの開放面数においても正の相関が見られなかった。本節では2つの住戸タイプにおいて正の相関が見られ、その中でも1つの住戸タイプにおいて強い正の相関が見られた。内訳は、開放面数連続三面四面 (○) の西向き住戸であった。q値と専有面積についても同様の傾向が見られた。

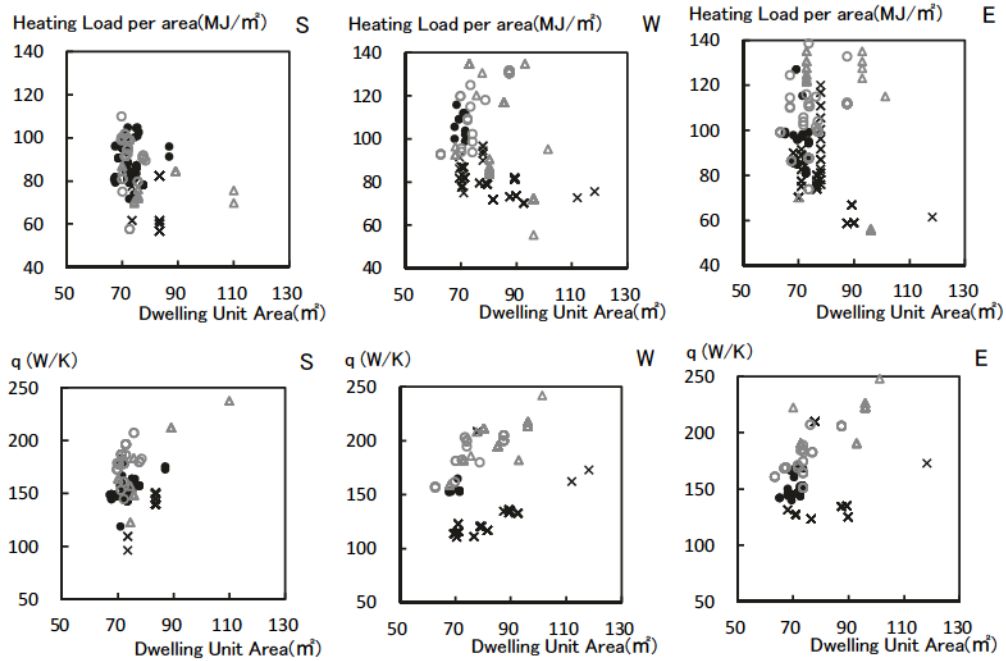


Fig. 4-9 専有面積における方位ごとの関係

Table 4-3 専有面積における方位ごとの相関係数の一覧

		x	●	△	○
S	Heating Load(MJ/m ²)	0.10	-0.03	0.01	-0.15
	q(W/K)	0.89	0.44	0.85	0.23
W	Heating Load(MJ/m ²)	-0.47	-0.12	-0.55	0.90
	q(W/K)	0.40	0.19	0.73	0.85
E	Heating Load(MJ/m ²)	-0.50	-0.24	-0.75	0.35
	q(W/K)	0.00	0.28	0.80	0.80

2) 方位別の住戸表面積との関係 (Fig. 4-10・Table 4-4)

暖房負荷と住戸表面積について、前節では、開放面数の両端二面 (●) において強い正の相関が見られた。本節では、4つの住戸タイプにおいて正の相関が見られ、その中でも2つの住戸タイプが強い正の相関が見られた。内訳は、一面 (×) の東向き住戸、三面四面 (○) の東向き住戸であった。

q 値と住戸表面積については、暖房負荷において相関が強い2つの住戸タイプを加え、7つの住戸タイプに強い正の相関が見られた。内訳は、一面 (×) のすべての住戸、連続二面 (△) のすべての住戸、三面四面 (○) の東向き住戸であった。

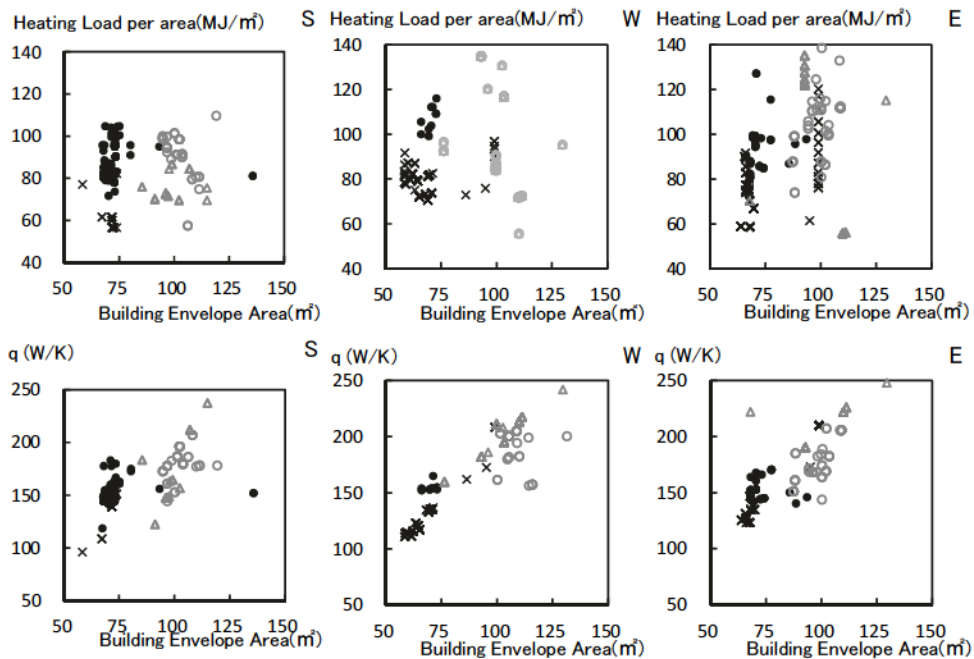


Fig. 4-10 住戸表面積における方位ごとの関係

Table 4-4 住戸表面積における方位ごとの相関係数の一覧

		×	●	△	○
S	Heating Load(MJ/m ²)	-0.02	0.06	0.26	-0.40
	q(W/K)	0.91	0.15	0.74	0.34
W	Heating Load(MJ/m ²)	0.26	0.66	-0.44	-0.50
	q(W/K)	0.98	0.27	0.87	-0.15
E	Heating Load(MJ/m ²)	0.57	0.18	-0.67	0.47
	q(W/K)	0.99	0.03	0.80	0.75

3) 方位別の住戸平面形状複雑度指数との関係 (Fig. 4-11・Table 4-5)

暖房負荷と住戸平面形状複雑度指数について、前節では、開放面数的一面 (X) において強い正の相関が見られた。本節では、7つの住戸タイプにおいて正の相関が見られ、その中でも4つの住戸タイプが強い正の相関が見られた。内訳は、開放面数一面 (X) の東向き住戸、両端二面 (●) の東向き住戸、連続二面 (△) の南向き住戸、三面四面 (○) の西向き住戸であった。

q 値と住戸平面形状複雑度指数については、2つの住戸タイプのみ暖房負荷と同様の強い正の相関が見られた。内訳は、両端二面 (●) の東向き住戸、連続二面 (△) の南向き住戸であった。これらから、2つの住戸タイプ、開放面数一面 (X) の東向き住戸、三面四面 (○) の西向き住戸については、住戸平面形状複雑度指数を小さくすることで、q 値に関わらず暖房負荷を抑制できる可能性があると分かる。

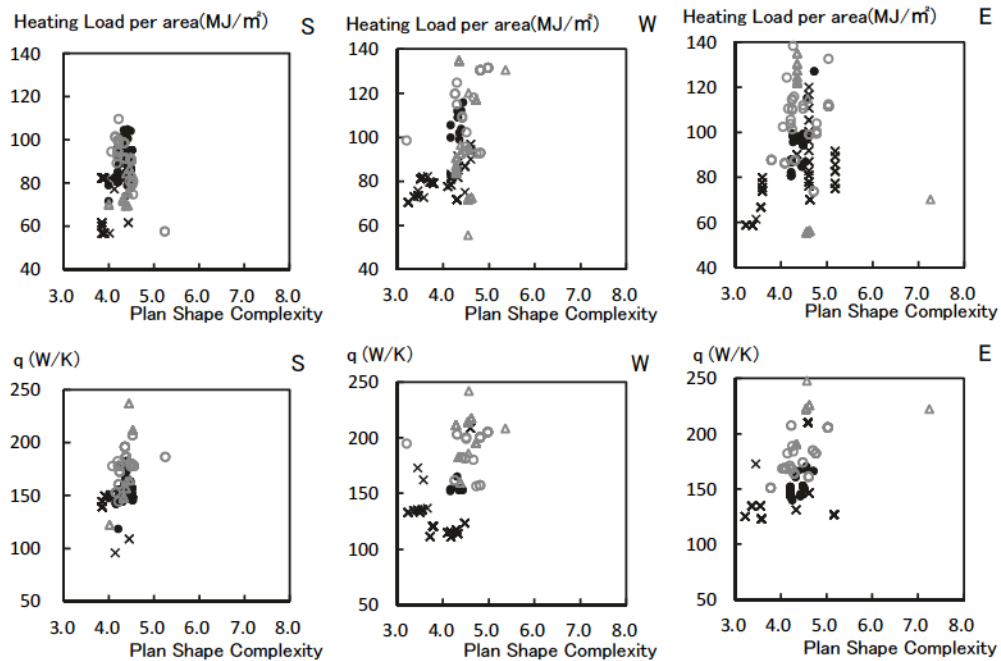


Fig. 4-11 住戸平面形状複雑度指数における方位ごとの関係

Table 4-5 住戸平面形状複雑度指数における方位ごとの相関係数の一覧

		X	●	△	○
S	Heating Load(MJ/m ²)	-0.17	0.27	0.66	-0.87
	q(W/K)	-0.64	0.26	0.76	0.33
W	Heating Load(MJ/m ²)	0.37	0.44	-0.11	0.44
	q(W/K)	-0.05	0.01	0.20	0.21
E	Heating Load(MJ/m ²)	0.61	0.67	-0.42	0.35
	q(W/K)	0.34	0.63	0.43	0.74

4) 方位別の間口との関係 (Fig. 4-12・Table 4-6)

暖房負荷と間口について、前節では、いずれの開放面数においても強い正の相関が見られなかった。本節では、4つの住戸タイプにおいて正の相関が見られ、その中でも2つの住戸タイプが強い正の相関が見られた。内訳は、開放面数連続二面(△)の南向き住戸、三面四面(○)の西向き住戸であった。q値と間口についても同様の傾向が見られた。

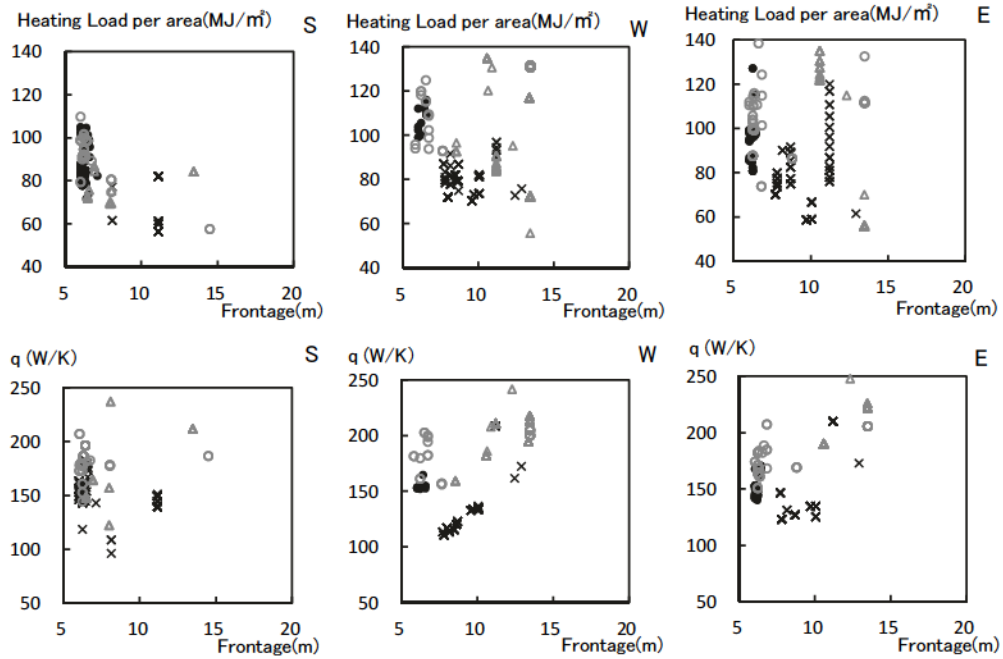


Fig. 4-12 間口における方位ごとの関係

Table 4-6 間口における方位ごとの相関係数の一覧

		x	●	△	○
S	Heating Load(MJ/m ²)	0.10	0.14	0.51	-0.82
	q(W/K)	0.89	0.16	0.64	0.07
W	Heating Load(MJ/m ²)	0.19	0.63	-0.26	0.81
	q(W/K)	0.83	0.32	0.57	0.64
E	Heating Load(MJ/m ²)	0.23	0.10	-0.98	0.35
	q(W/K)	0.78	0.53	0.94	0.74

5) 方位別の奥行間口比との関係 (Fig. 4-13・Table 4-7)

暖房負荷と奥行間口比について、前節では、いずれの開放面数においても強い相関が見られなかった。本節では、7つの住戸タイプにおいて相関が見られ、その中でも4つの住戸タイプにおいて強い相関が見られた。内訳は、開放面数連続二面(△)の南向きと東向き住戸、三面四面(○)の南向きと西向き住戸であった。

q値と奥行間口比について、2つの住戸タイプのみ冷房負荷と同様の強い相関が見られた。内訳は、連続二面(△)の東向き住戸、三面四面(○)の西向き住戸であった。これらから、2つの住戸タイプ、連続二面(△)の南向き住戸については奥行間口比を大きく、三面四面(○)の南向き住戸については奥行間口比を小さくすることで、q値に関わらず暖房負荷を抑制できる可能性があると分かる。ただ、三面四面(○)の南向き住戸についてはどのような住戸内平面計画であるか標本を個別に確認する必要があると考えられる。

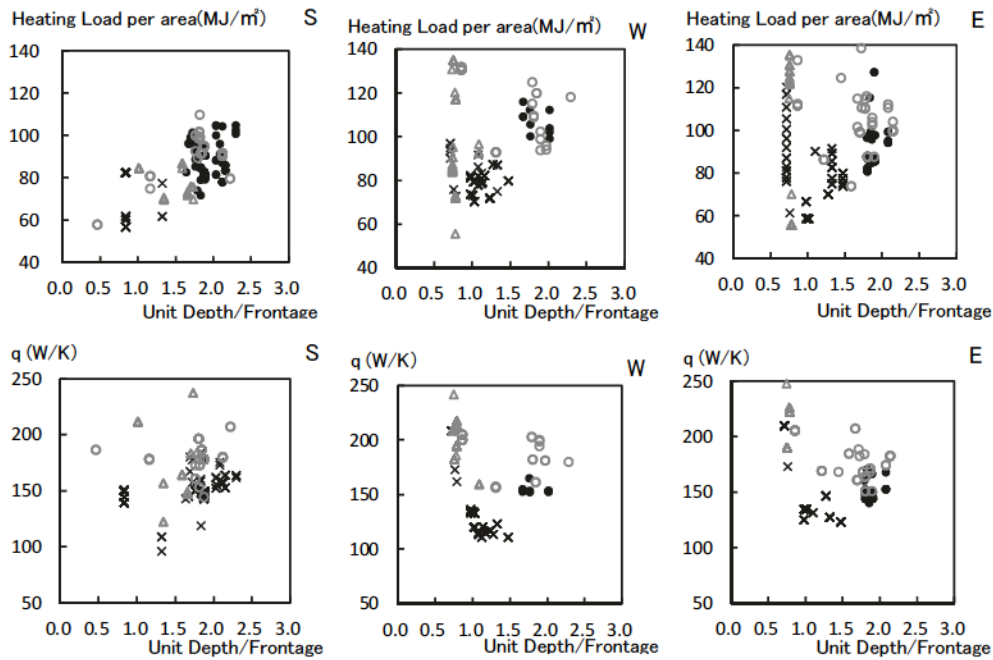


Fig. 4-13 奥行間口比における方位ごとの関係

Table 4-7 奥行間口比における方位ごとの相関係数の一覧

		x	●	△	○
S	Heating Load(MJ/m ²)	-0.10	0.03	-0.44	0.67
	q(W/K)	-0.89	0.33	-0.34	0.06
W	Heating Load(MJ/m ²)	-0.24	-0.49	-0.09	-0.67
	q(W/K)	-0.76	-0.25	-0.60	-0.44
E	Heating Load(MJ/m ²)	-0.23	0.26	-0.99	-0.24
	q(W/K)	-0.83	0.17	0.83	-0.61

6) 方位別の開口率との関係 (Fig. 4-14・Table 4-8)

暖房負荷と開口率について、前節では、いずれの開放面数においても強い正の相関が見られなかった。本節では、8つの住戸タイプにおいて正の相関が見られ、その中でも7つの住戸タイプにおいて強い正の相関が見られた。内訳は、開放面数一面 (×) の西向きと東向き住戸、両端二面 (●) の東向き住戸、連続二面 (△) の南向きと東向き住戸、三面四面 (○) の西向きと東向き住戸であった。q 値と開口率については、ほぼ同様の傾向であったが、連続二面 (△) の東向き住戸のみ暖房負荷と相反する強い負の相関が見られた。これらから、1つの住戸タイプ、連続二面 (△) の東向き住戸については、開口率を小さくすることで、q 値に関わらず暖房負荷を抑制できる可能性があると分かる。

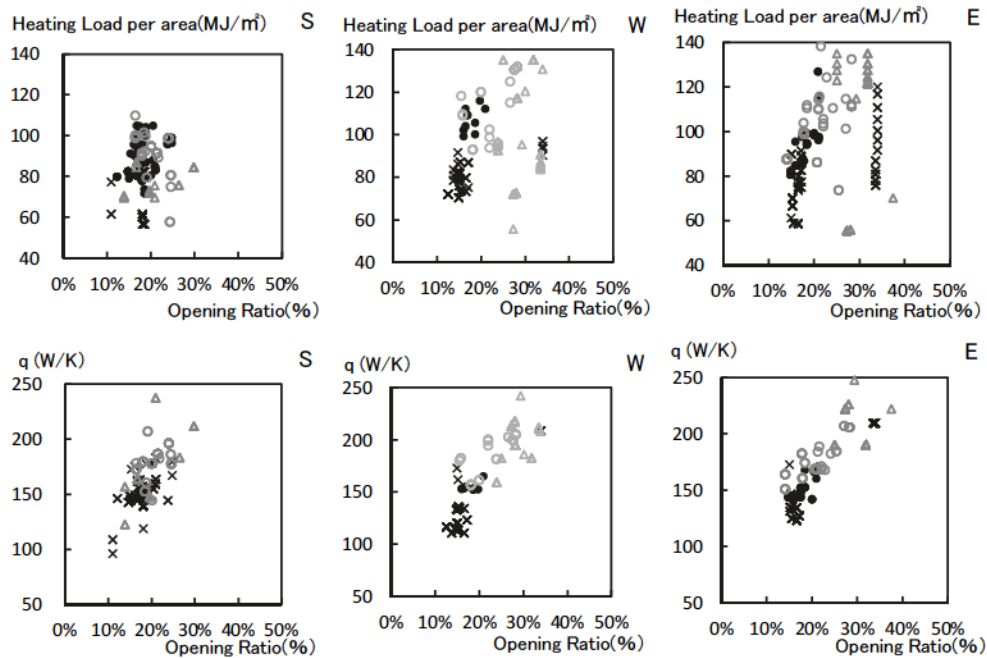


Fig. 4-14 開口率における方位ごとの関係

Table 4-8 開口率における方位ごとの相関係数の一覧

		×	●	△	○
S	Heating Load(MJ/m ²)	0.08	0.27	0.47	-0.37
	q(W/K)	0.93	0.52	0.72	0.49
W	Heating Load(MJ/m ²)	0.64	0.49	0.11	0.74
	q(W/K)	0.87	0.60	0.29	0.82
E	Heating Load(MJ/m ²)	0.63	0.78	0.48	0.50
	q(W/K)	0.96	0.71	-0.44	0.88

7) 方位別の主開口庇長さ開口高さ比との関係 (Fig. 4-15・Table 4-9)

暖房負荷と主開口庇長さ開口高さ比について、前節では、いずれの開放面数においても強い相関が見られなかった。本節では、6つの住戸タイプにおいて相関が見られ、その中でも5つの住戸タイプにおいて強い相関が見られた。内訳は、開放面数一面(×)の東向き住戸、連続二面(△)の南向きと西向き住戸、三面四面(○)の南向きと東向き住戸であった。

q値と主開口庇長さ開口高さ比について、2つの住戸タイプのみ暖房負荷と同様の強い相関が見られる。内訳は、開放面数一面(×)の東向き住戸、三面四面(○)の東向き住戸であった。これらから、3つの住戸タイプ、開放面数連続二面(△)の南向きと西向き住戸、三面四面(○)の南向き住戸については、主開口庇長さ開口高さ比を大きく、または小さくすることで、q値に関わらず暖房負荷を抑制できる可能性があると分かる。ただし、主開口庇長さ開口高さ比が、暖房負荷削減にどの程度寄与するかは次章で明らかにする。

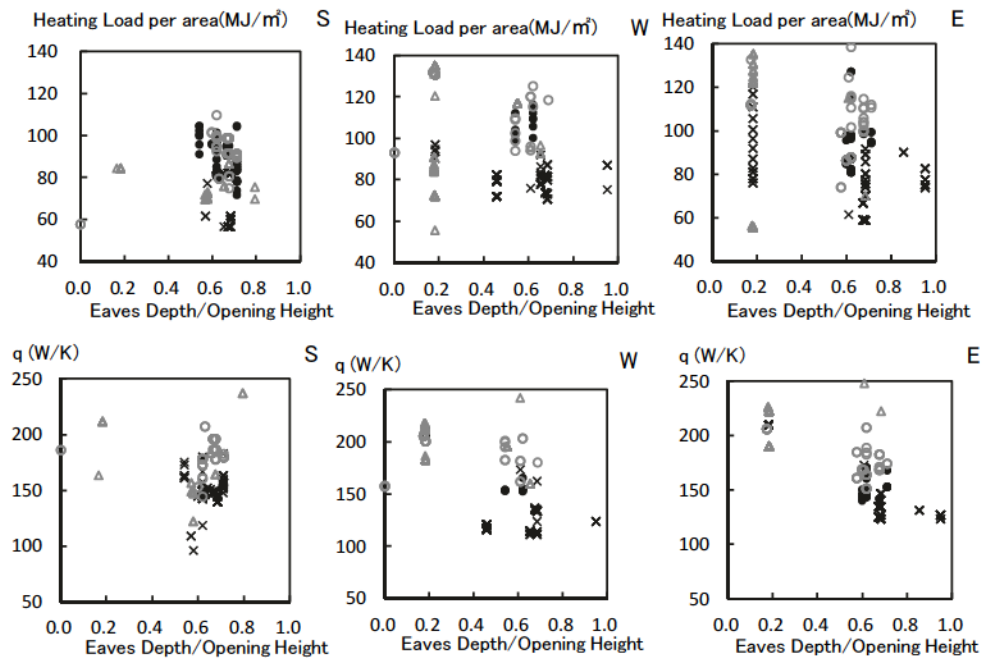


Fig. 4-15 主開口庇長さ開口高さ比における方位ごとの関係

Table 4-9 主開口庇長さ開口高さ比における方位ごとの相関係数の一覧

		×	●	△	○
S	Heating Load(MJ/m ²)	0.13	-0.27	-0.52	0.64
	q(W/K)	0.76	0.07	-0.28	0.03
W	Heating Load(MJ/m ²)	-0.14	0.40	0.37	-0.21
	q(W/K)	-0.28	0.31	-0.46	0.00
E	Heating Load(MJ/m ²)	-0.48	0.24	-0.06	-0.35
	q(W/K)	-0.93	0.14	0.38	-0.72

4. 4. 2. 小結

本節から、以下の知見が得られた (Table 4-10)。

1) 開放面数一面 (×) の住戸について、暖房負荷が抑制できる可能性のある住戸タイプは、以下の通りであった。西向き住戸の「住戸平面形状複雑度指数 (以下、複雑度)」「奥行間口比」「開口率」、東向き住戸の「住戸表面積」「複雑度」「間口」「奥行間口比」「開口率」「主開口底長さ開口高さ比 (以下、庇)」であった。この中でも、q 値に関わらず暖房負荷を抑制できる住戸タイプは1つあり、東向き住戸の「複雑度」であることが分かった。

2) 開放面数両端二面 (●) の住戸について、暖房負荷が抑制できる可能性のある住戸タイプは、以下の通りであった。南向き住戸の「複雑度」「開口率」「庇」。東向き住戸の「複雑度」「開口率」であった。また、この5つの住戸タイプともに q 値についても暖房負荷同様の相関が見られた。

3) 開放面数連続二面 (△) の住戸について、住戸形状の要素により暖房負荷が抑制できる可能性のある住戸タイプは、南向き住戸の「複雑度」「間口」「奥行間口比」「開口率」「庇」、西向き住戸の「庇」、東向き住戸の「奥行間口比」「開口率」であった。この中でも、q 値に関わらず暖房負荷を抑制できる住戸タイプは4つあり、南向き住戸の「奥行間口比」「庇」、西向き住戸の「庇」、東向き住戸の「開口率」であることが分かった。

4) 開放面数三面四面 (○) の住戸について、住戸形状の要素により暖房負荷を抑制できる可能性のある住戸タイプは、多く見られた。この中でも、q 値に関わらず暖房負荷を抑制できる住戸タイプは3つあり、南向き住戸の「奥行間口比」「庇」、西向き住戸の「複雑度」であることが分かった。

5) 暖房負荷と q 値ともに相関が見られた方位は、東向き住戸が最も多く 15 の住戸タイプ。次に西向き住戸は 7 つ、南向き住戸は 6 つであった。

6) 暖房負荷のみに相関が見られた方位は、南向き住戸が最も多く 4 つの住戸タイプ (内訳は、連続二面 (△) の「奥行間口比」「庇」及び三面四面 (○) の「奥行間口比」「庇」)。次に西向き住戸の 2 つ (内訳は、連続二面 (△) の「庇」、及び三面四面 (○) の「複雑度」)。東向き住戸の 2 つ (内訳は、一面 (×) の「複雑度」、及び連続二面 (△) の「開口率」) であった。いずれも、q 値に関わらず住戸形状の要素により暖房負荷を抑制できる可能性があることが分かった。

7) 住戸形状の要素別に見ると、特に「開口率」が無相関となる住戸タイプが少なかったことから、「開口率」については暖房負荷の抑制に寄与する度合いが高いと推察される。

Table 4-10 暖房負荷を抑制できる相関が見られた住戸形状の要素と住戸タイプの一覧

南向き							
一面 (×) n=48		両端二面 (●) n=106		連続二面 (△) n=24		三面四面 (○) n=49	
		複雑度	0.27	複雑度	0.66	奥行/間口	0.67
		開口率	0.27	間口	0.51	庇	0.64
		庇	-0.27	奥行/間口	-0.44		
				開口率	0.47		
				庇	-0.52		
西向き							
一面 (×) n=125		両端二面 (●) n=10		連続二面 (△) n=73		三面四面 (○) n=31	
複雑度	0.37			庇	0.37	専有面積	0.90
奥行/間口	-0.24					複雑度	0.44
開口率	0.64					間口	0.81
						奥行/間口	-0.67
						開口率	0.74
東向き							
一面 (×) n=110		両端二面 (●) n=38		連続二面 (△) n=43		三面四面 (○) n=45	
住戸表面積	0.57	複雑度	0.67	奥行/間口	-0.99	専有面積	0.35
複雑度	0.61	開口率	0.78	開口率	0.48	住戸表面積	0.47
間口	0.23					複雑度	0.35
奥行/間口	-0.23					間口	0.35
開口率	0.63					奥行/間口	-0.24
庇	-0.93					開口率	0.50
						庇	-0.72

* グレーで網掛けしている箇所は、q 値に関わらず暖房負荷のみ抑制できる要素である。

4. 5. 結論

本章では暖房負荷に焦点を当て、データベースの作成と分析例を示した。

本章から、以下の知見が得られた。4. 2. 及び4. 3. では、住戸形状の要素別に各断熱に係る設計指標と暖房負荷の傾向や関係、各断熱に係る設計指標の有効性を明らかにするため、住戸形状の要素ごとに暖房負荷と各断熱に係る設計指標を、開放面数ごとに層別した散布図を用いて比較を行った。その結果、暖房負荷の相関係数と傾向が近い断熱に係る設計指標はq値であることが分かった。これらから、住戸形状の要素によっては、断熱に係る設計指標に有効性があることを確認できたが、有意性の検討により重回帰分析を進めるには、さらに外的条件を揃える必要があることが分かった。

4. 4. では、詳細なシミュレーションを行わなくとも寸法や比率などの定量的な指標によって、消費エネルギー量の削減を取り入れた住戸内平面計画を可能とするため、さらに外的条件の要素を揃えたデータベースを作成した。その結果、住戸の開放面数と方位の組み合わせ（住戸タイプ）によっては、暖房負荷を抑制できる住戸形状の要素があることが分かった。特に、住戸形状の要素「開口率」については、暖房負荷の抑制に寄与する割合が高いと推察される。また、q値に関わらず暖房負荷を抑制できる特定の住戸タイプがあることも分かったことから、住戸内平面計画の側面から暖房負荷を抑制できる可能性が把握できた。

このようにして、住戸内平面計画による暖房負荷の削減に焦点を当てて、住戸形状の各要素における分析例やデータベースの可能性を示した。次章は、冷房負荷に焦点を当てることで、冷房のデータベースの作成と分析例を示す。

参考文献

- 4-1) 西澤 繁毅 他: 「住宅事業建築主の判断の基準におけるエネルギー消費量計算方法の解説」 3章 暖冷房負荷計算, 建築環境・省エネルギー機構, pp. 35-47, 2009. 3
- 4-2) 長谷工総合研究所: 「DATAFILE 日本における人口・世帯数の行方(1)」CRI, vol.431, pp.8-9, 2014. 7
- 4-3) 澤地 孝男 他: 2013年(平成25年)省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説(Ⅱ 住宅), 建築環境・省エネルギー機構, pp. 178-242, 2013. 5

5章 住戸形状の要素と冷房負荷の相関

5. 1. 冷房負荷と各断熱に係る設計指標の算出方法

冷房負荷は、暖房負荷と同じシミュレーションツールを用いて算出する。シミュレーションの設定は Table 5-1 の通りである。なお、暖房負荷と設定が異なるのは、期間、温湿度設定、空調稼働時間である。

Table 5-1 冷房負荷シミュレーションの設定条件

期間	Jun.14~Sept.14		
温度湿度設定	間欠運転	Temperature : 27℃ *Temperature at Bedtime : 28℃ Humidity:60%	
空調稼働時間	Week -day	LDK	6~10、12~14、16~24
		Bedroom1	20~21、22~24、0~7*
		Bedroom2	18~19、21~23、23~7*
		Bedroom3	23~7*
	Holi -day	LDK	8~14、16~23
		Bedroom1	8~12、16~19、20~23、 23~8*
Bedroom2		9~13、20~23、23~8*	
Bedroom3	23~8*		
周囲などの設定	隣戸・上下階の住戸及び地下ピット・エントランスホールなどは、(熱貫流率×表面積)×温度差係数とし、外壁面と比較し緩和して計算。		
非空調空間の設定	住戸内で非空調空間 (Bathroom and toilet etc.) も同時に、シミュレーションし、住戸内の LDK や寝室への影響を加味している。		
内部発熱	<ul style="list-style-type: none"> ・照明発熱、及び機器発熱を、各室で加味している。 ・人体発熱を各室で加味している。 ・調理発熱。 		
機械換気	0.6 times/h		
局所換気	レンジフード、トイレ、浴室について加味している。		
気象 ^{注27)}	拡張アメダス気象データ 1981-2000 日本建築学会		

5. 2. 冷房負荷と各断熱に係る設計指標の関係

散布図を用いて、各断熱に係る設計指標と冷房負荷との関係 (Fig. 5-1) を見る。U_A 値については相関係数が 0.15、q 値については相関係数が 0.49、m_c 値については相関係数が 0.74 であった。これらから、冷房負荷との相関は、m_c 値 > q 値 > U_A 値の順に強いことが分かった。

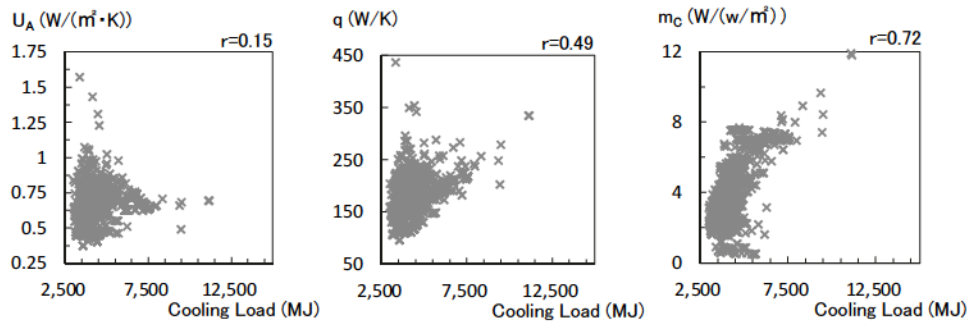


Fig. 5-1 冷房負荷と各断熱に係る設計指標の関係

5. 3. 住戸形状の各要素から見た冷房負荷と断熱に係る設計指標の比較

5. 3. 1. 分析方法と住戸形状の各要素別の分析

散布図を用いて、住戸形状の各要素別に冷房負荷と断熱に係る設計指標相互の影響関係を比較した。外的条件のひとつである4つの開放面数ごとに層別し、Fig. 5-2からFig. 5-8に示した。また、相関係数は信頼区間95%の範囲で判断すると、有意性の検定により、 $|r| > 0.12$ であれば無相関では無いと判断できる。なお、図中では開放面数一面は(×)、両端二面は(●)、連続二面は(△)、三面四面は(○)と表記する。

1) 専有面積との関係 (Fig. 5-2)

冷房負荷と専有面積について、いずれの開放面数においても強い相関は見られないことが分かった。従って、専有面積によって、冷房負荷を抑制できない可能性がある。なお、 m_c 値や q 値の一部の開放面数については、強い正の相関が見られる。

$0 \leq |r| \leq 0.2$ $0.2 < |r| \leq 0.4$ $0.4 < |r| \leq 1.0$

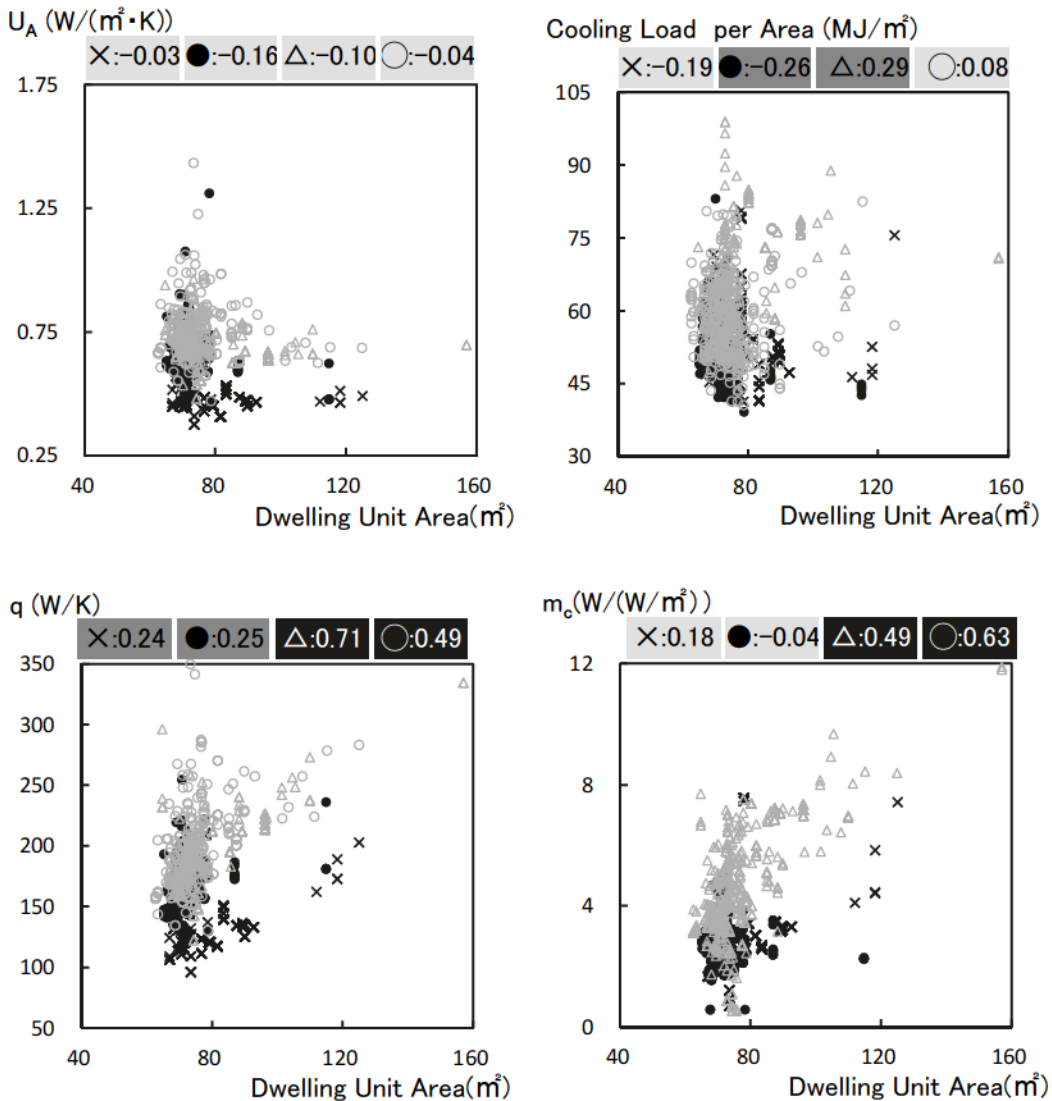


Fig. 5-2 専有面積との関係

2) 住戸表面積との関係 (Fig. 5-3)

冷房負荷と住戸表面積について、開放面数一面 (×) において、強い正の相関が見られる。なお、 m_c 値や q 値、 U_A 値の一部の開放面数について、強い正の相関が見られる。

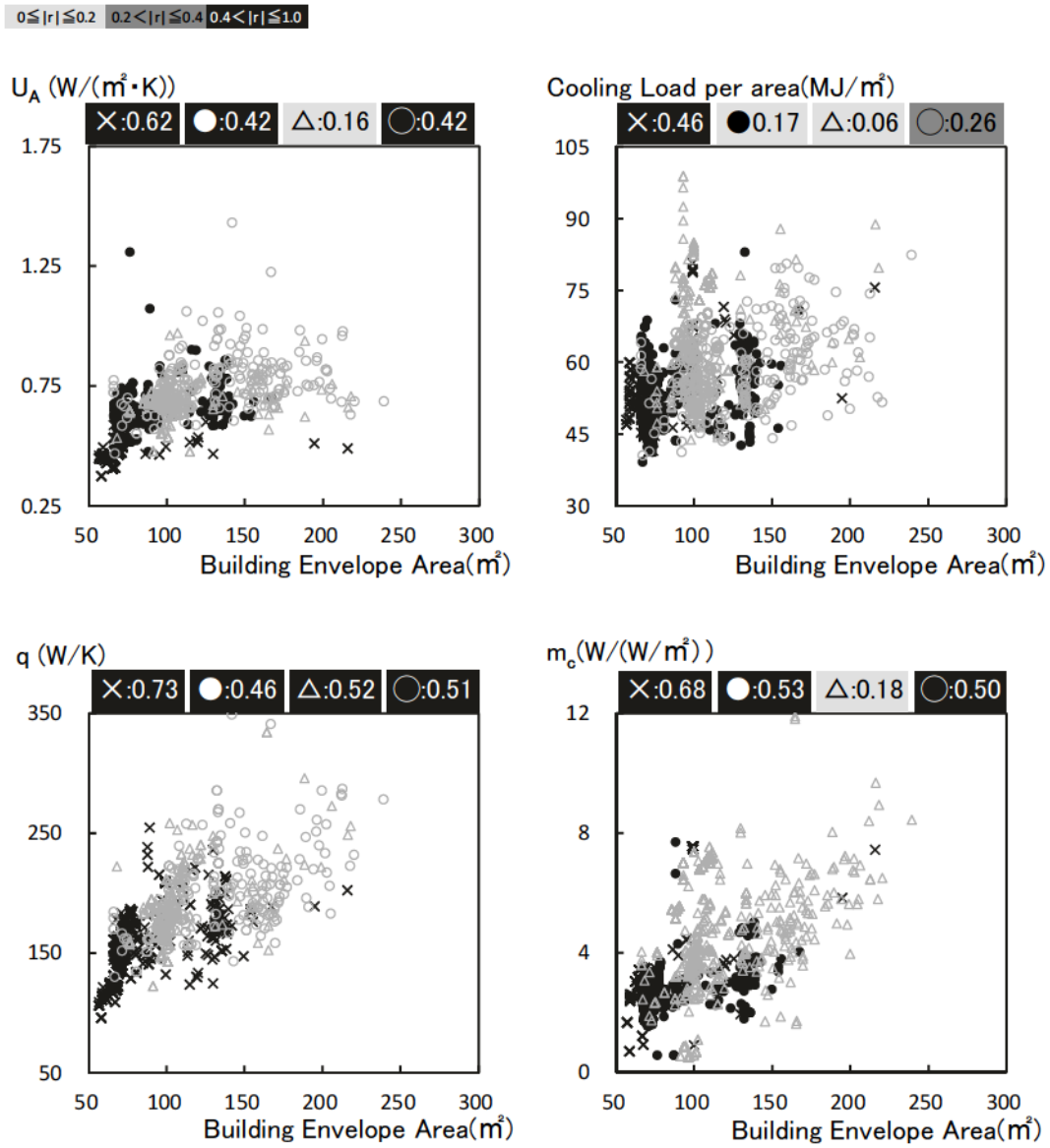


Fig. 5-3 住戸表面積との関係

3) 住戸平面形状複雑度指数 (Fig. 5-4)

冷房負荷と住戸平面形状複雑度指数について、開放面数一面 (X) において、強い正の相関が見られ、冷房負荷を抑制できる可能性がある。なお、いずれの断熱に係る設計指標においても強い正の相関は見られなかった。

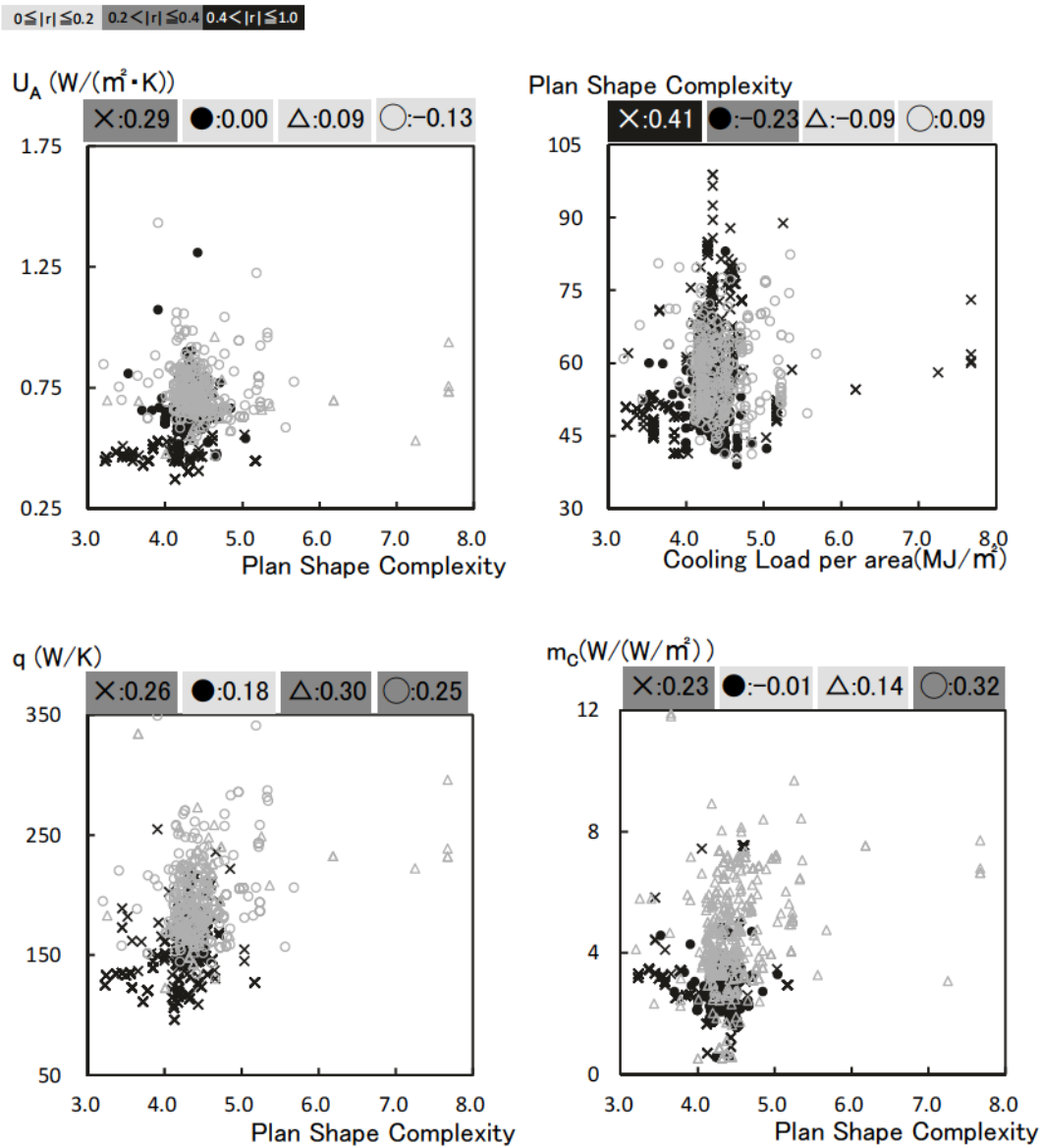


Fig. 5-4 住戸平面形状複雑度指数との関係

4) 間口との関係 (Fig. 5-5)

冷房負荷と間口について、開放面数連続二面 (Δ) において、強い正の相関が見られ、冷房負荷を抑制できる可能性がある。なお、 m_c 値や q 値、 U_A 値の一部の開放面数においても、強い正の相関が見られる。特に、冷房負荷と m_c 値、 q 値の連続二面 (Δ) は、いずれも強い正の相関が見られる。

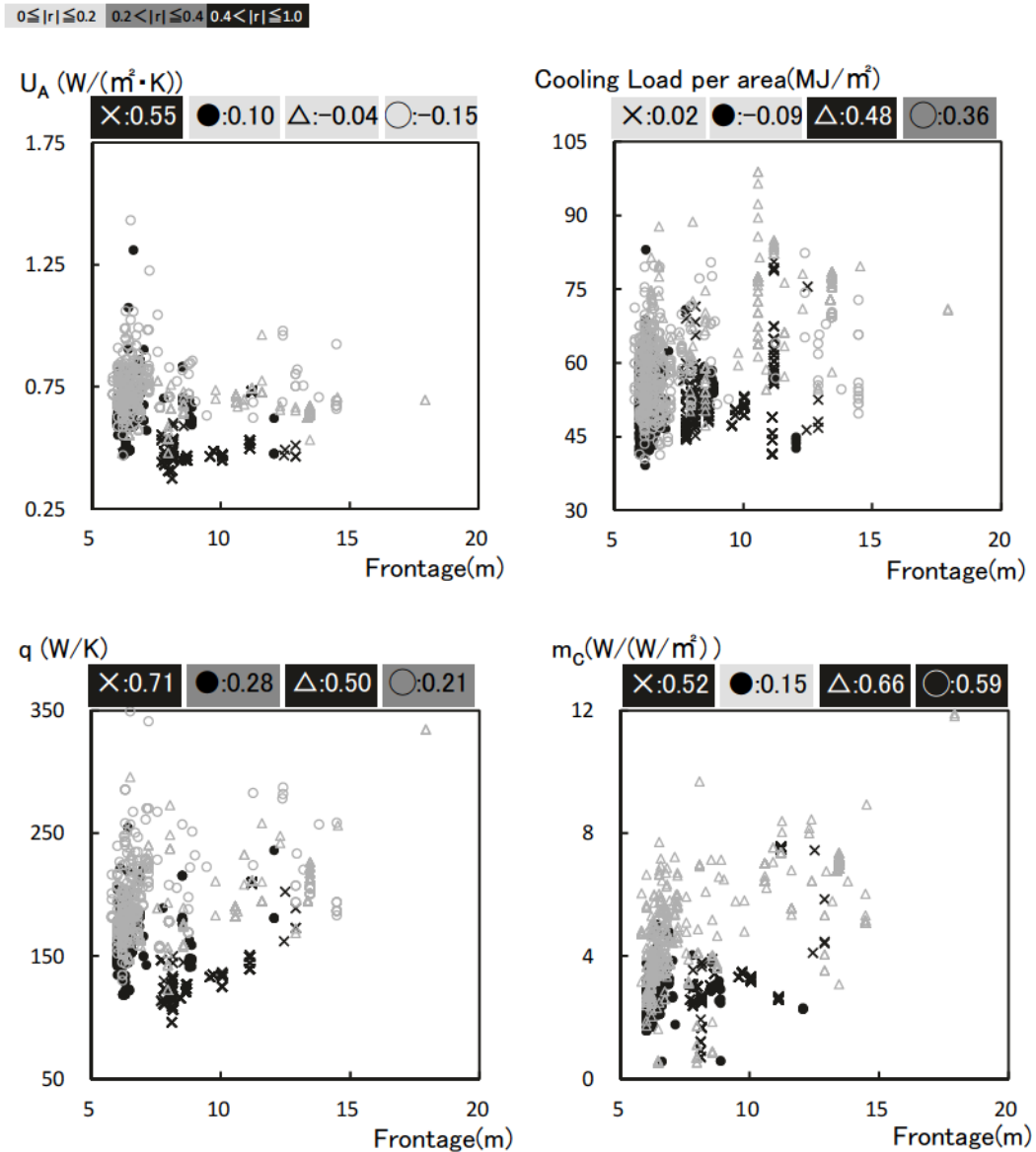


Fig. 5-5 間口との関係

5) 奥行間口比との関係 (Fig. 5-6)

冷房負荷と奥行間口比について、開放面数連続二面 (Δ) において、強い負の相関が見られ、冷房負荷を抑制できる可能性がある。なお、 m_c 値や q 値、 U_A 値の一部の開放面数においても、強い相関が見られる。特に、冷房負荷と m_c 値の連続二面 (Δ) は、いずれも強い負の相関が見られる。

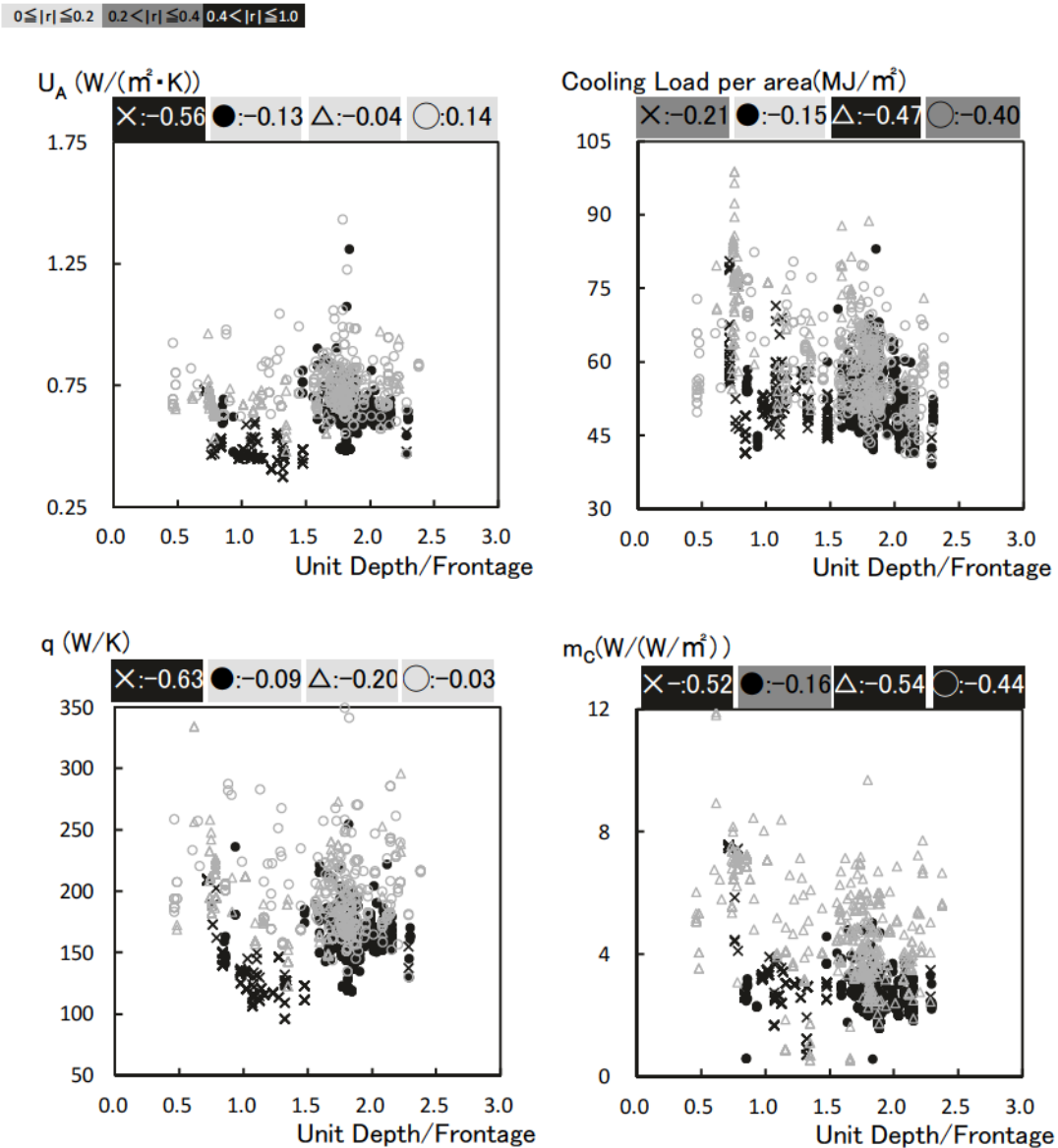


Fig. 5-6 奥行間口比との関係

6) 開口率との関係 (Fig. 5-7)

冷房負荷と開口率について、開放面数一面 (×) と連続二面 (△) において、強い正の相関が見られ、冷房負荷を抑制できる可能性がある。なお、 m_c 値や q 値、 U_A 値の一部の開放面数においても、強い相関が見られる。特に、冷房負荷と各断熱に係る設計指標の一面 (×) と連続二面 (△) は、いずれも強い正の相関が見られる。

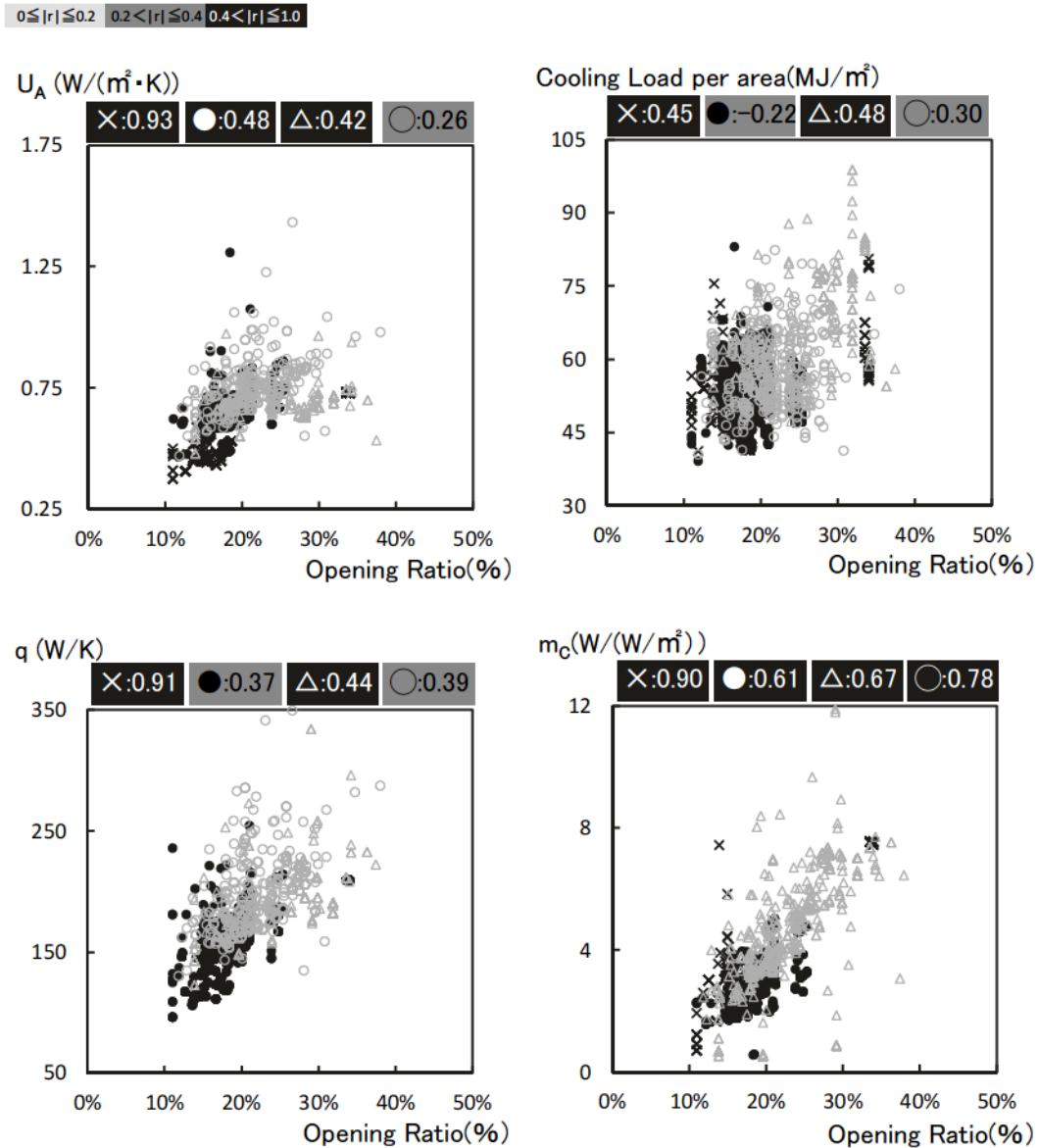


Fig. 5-7 開口率との関係

7) 主開口庇長さ開口高さ比との関係 (Fig. 5-8)

冷房負荷と主開口庇長さ開口高さ比について、開放面数一面 (×) と連続二面 (△) において、強い負の相関が見られ、冷房負荷を抑制できる可能性がある。なお、 U_A 値や q 値、 m_c 値の一部の開放面数においても、強い相関が見られる。特に、冷房負荷と m_c 値の一面 (×) と連続二面 (△) は、いずれも強い負の相関が見られる。

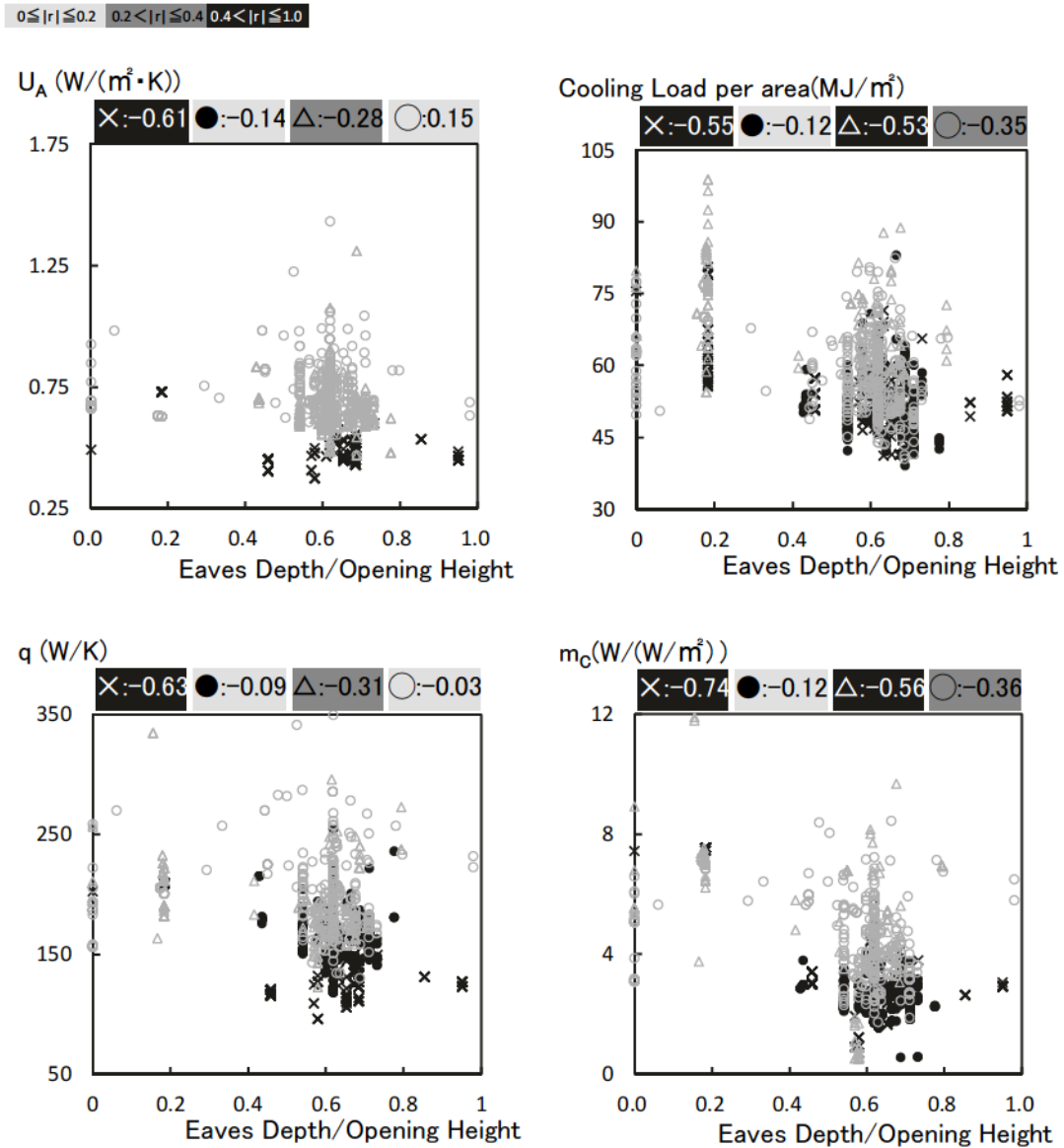


Fig. 5-8 主開口庇長さ開口高さ比との関係

5. 3. 2. 小結

Fig. 5-2から Fig. 5-8までの冷房負荷と断熱に係る設計指標別に相関係数を一覧表で示した (Table 5-2)。まず、冷房負荷については、専有面積 (Fig. 5-2) 以外の住戸形状の各要素で、強い相関が見られることから、冷房負荷を抑制できる可能性があることが分かった。次に、冷房負荷と断熱に係る設計指標の関係について見る。そこで、専有面積以外の Fig. 5-2以外を中心に見ると、冷房負荷の相関係数と傾向に近い断熱に係る設計指標は m_c 値であることが分かった。なお、この傾向は Fig. 5-1と同様の傾向である。そこで、次節5.4.では、冷房負荷と m_c 値を中心に分析を進めることとする。本節で明らかになったのは、住戸形状の要素によっては、断熱に係る設計指標に有効性があることを確認できたが、有意性の検討により $|r| > 0.12$ であれば無相関とは言えないことから、重回帰分析を進めるには外的条件を揃える必要がある。そこで、次節5.4.ではさらに外的条件を揃えたデータベースを作成する。分析例を示し、消費エネルギー量の削減するための住戸内平面計画の可能性を確認する。

Table 5-2 冷房負荷と断熱に係る設計指標別に見る相関係数の一覧

Fig	U_A ($W/m^2 \cdot K$)				Fig	Cooling Load (MJ/m^2)			
	×	●	△	○		×	●	△	○
5-2 専有面積	-0.03	-0.16	-0.10	-0.04	5-2	-0.19	-0.26	0.29	0.08
5-3 表面積	0.62	0.42	0.16	0.42	5-3	0.46	0.17	0.06	0.26
5-4 複雑度	0.29	0.00	0.09	-0.13	5-4	0.41	-0.23	-0.09	0.09
5-5 間口	0.55	0.10	-0.04	-0.15	5-5	0.02	-0.09	0.48	0.36
5-6 奥行/間口	-0.56	-0.13	-0.04	0.14	5-6	-0.21	-0.15	-0.47	-0.40
5-7 開口率	0.93	0.48	0.42	0.26	5-7	0.45	-0.22	0.48	0.30
5-8 庇/間口高	-0.61	-0.14	-0.28	0.15	5-8	-0.55	-0.12	-0.53	-0.35
Fig	q (W/K)				Fig	m_c ($W(W/m^2)$)			
	×	●	△	○		×	●	△	○
5-2 専有面積	0.24	0.25	0.71	0.49	5-2	0.18	-0.04	0.49	0.63
5-3 表面積	0.73	0.46	0.52	0.51	5-3	0.68	0.53	0.18	0.50
5-4 複雑度	0.26	0.18	0.30	0.25	5-4	0.23	-0.01	0.14	0.32
5-5 間口	0.71	0.28	0.50	0.23	5-5	0.52	0.15	0.66	0.59
5-6 奥行/間口	-0.63	-0.09	-0.20	-0.03	5-6	-0.52	-0.16	-0.54	-0.44
5-7 開口率	0.91	0.37	0.44	0.39	5-7	0.90	0.61	0.67	0.78
5-8 庇/間口高	-0.63	-0.09	-0.31	-0.03	5-8	-0.74	-0.12	-0.56	-0.36

5. 4. 外的条件を揃えた場合の傾向

5. 4. 1. 分析方法と住戸形状の各要素から見た冷房負荷と m_c 値の傾向

前節 4. 4. 1. と同様に、詳細なシミュレーションを行わなくとも寸法や比率などの定量的な指標によって、消費エネルギー量の削減するための住戸内平面計画を可能とするため、さらに外的条件の要素を揃えたデータベースを作成した。そのデータベースを元に、住戸形状の要素別に冷房負荷と m_c 値の傾向や関係を明らかにするため、住戸タイプごとに層別した散布図 (Fig. 5-9 から Fig. 5-15 まで) を用いて比較を行った。さらに、相関の強さを Table 5-3 から Table 5-9 に示した。なお、相関係数を信頼区間 95% の範囲で判断し、有意性の検定により無相関であるものはセルを白地とした。加えて、相関が見られるものの前節と比べ傾向が相反するものについては、相関係数の一覧表の文字にアンダーバーを追記している。

1) 方位別の専有面積との関係 (Fig. 5-9・Table 5-3)

冷房負荷と専有面積について、前節では、いずれの開放面数においても強い正の相関が見られなかった。本節では3つの住戸タイプにおいて強い正の相関が見られた。内訳は、開放面数連続二面(△)の南向き住戸、三面四面(○)の西向きと東向き住戸であった。m_c値と専有面積についても同様の傾向が見られた。

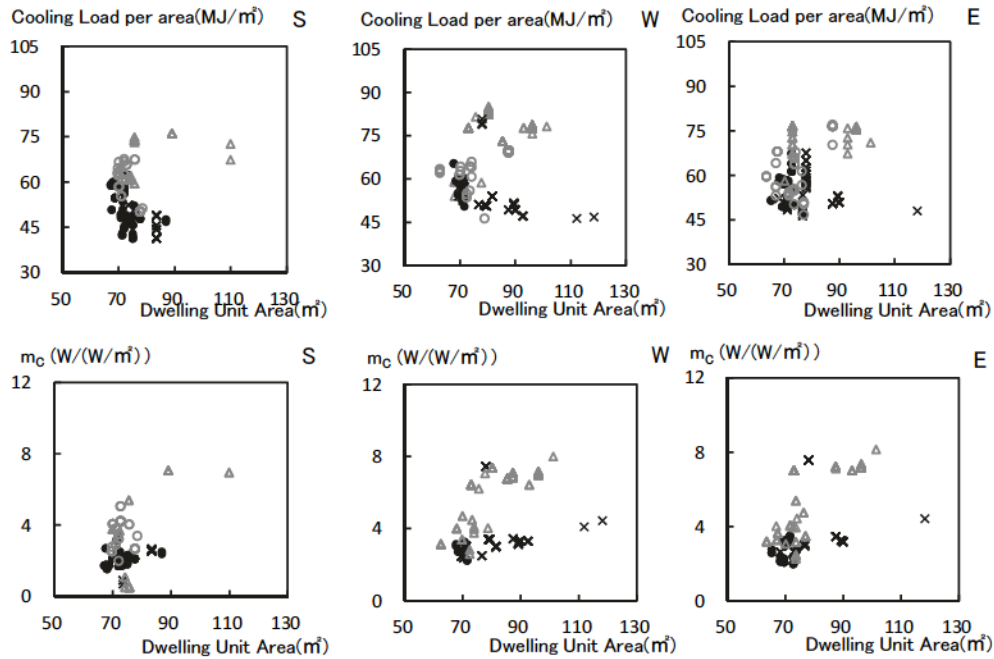


Fig. 5-9 専有面積における方位ごとの関係

Table 5-3 専有面積における方位ごとの相関係数の一覧

		×	●	△	○
S	Cooling Load(MJ/m ²)	-0.48	-0.44	0.41	-0.62
	m _c (W/(W/m ²))	1.00	0.21	0.74	-0.16
W	Cooling Load(MJ/m ²)	-0.51	-0.66	0.27	0.62
	m _c (W/(W/m ²))	0.20	-0.73	0.56	0.94
E	Cooling Load(MJ/m ²)	-0.14	0.31	0.24	0.57
	m _c (W/(W/m ²))	0.05	0.22	0.58	0.80

2) 方位別の住戸表面積との関係 (Fig. 5-10・Table 5-4)

冷房負荷と住戸表面積について、前節では、開放面数の一面 (×) において強い正の相関が見られた。本節では、6つの住戸タイプにおいて強い正の相関が見られた。内訳は、開放面数一面 (×) の西向きと東向き住戸、連続二面 (△) のすべての住戸、三面四面 (○) の東向き住戸であった。m_c値と住戸表面積についても同様の傾向が見られた。

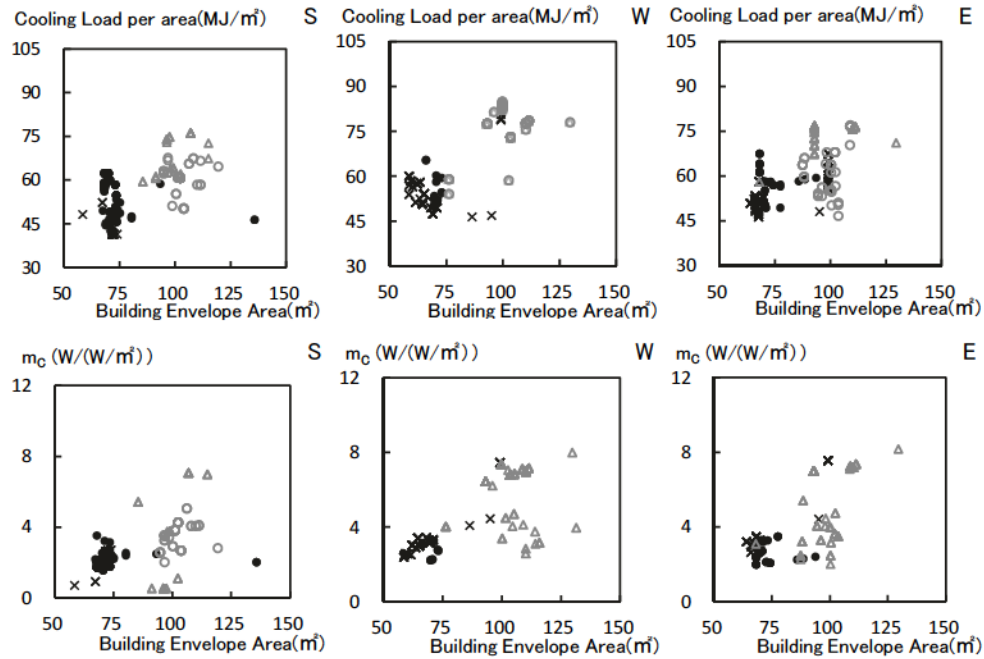


Fig. 5-10 住戸表面積における方位ごとの関係

Table 5-4 住戸表面積における方位ごとの相関係数の一覧

		×	●	△	○
S	Cooling Load(MJ/m ²)	-0.30	-0.26	0.50	-0.06
	m _c (W/(W/m ²))	0.89	0.09	0.60	0.35
W	Cooling Load(MJ/m ²)	0.45	-0.61	0.43	0.03
	m _c (W/(W/m ²))	0.92	-0.20	0.80	-0.28
E	Cooling Load(MJ/m ²)	0.77	-0.16	0.46	0.40
	m _c (W/(W/m ²))	0.99	-0.10	0.72	0.66

3) 方位別の住戸平面形状複雑度指数との関係 (Fig. 5-11・Table 5-5)

冷房負荷と住戸平面形状複雑度指数について、前節では、開放面数の一面 (X) において強い正の相関が見られた。本節では、3つの住戸タイプにおいて強い正の相関が見られた。内訳は、開放面数一面 (X) の南向きと西向き住戸、三面四面 (○) の西向き住戸であった。

m_c 値と住戸平面形状複雑度指数については、1つの住戸タイプのみ冷房負荷と同様の強い正の相関が見られた。内訳は、三面四面 (○) の西向き住戸であった。これらから、2つの住戸タイプ、一面 (X) の南向きと西向き住戸については、住戸平面形状複雑度指数を小さくすることで、 m_c 値に関わらず冷房負荷を抑制できる可能性があると分かる。

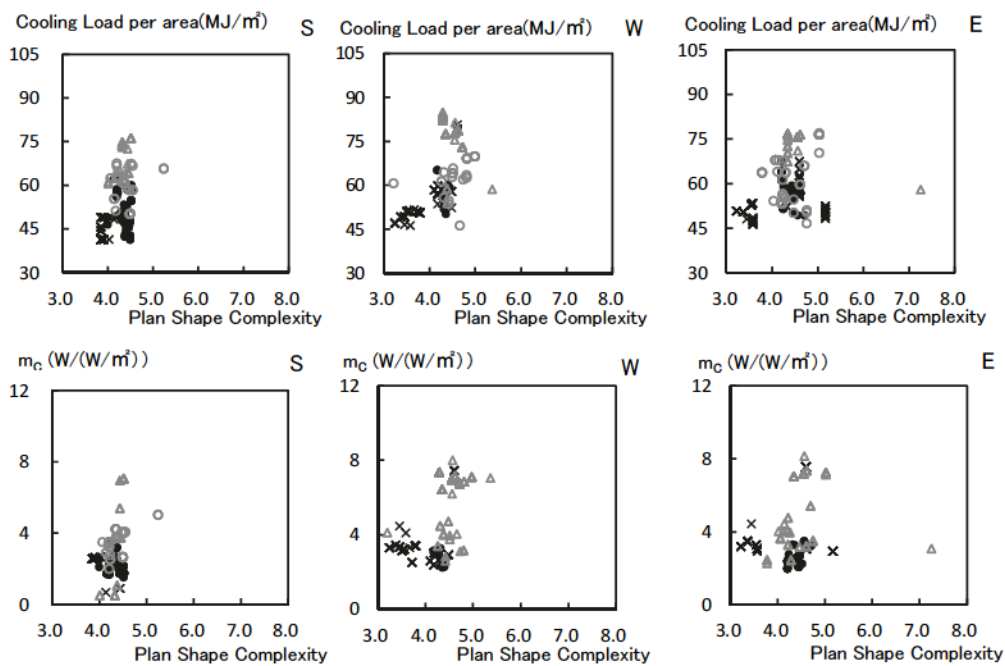


Fig. 5-11 住戸平面形状複雑度指数における方位ごとの関係

Table 5-5 住戸平面形状複雑度指数における方位ごとの相関係数の一覧

		X	●	△	○
S	Cooling Load(MJ/m ²)	0.54	-0.40	0.34	0.02
	m_c (W/(W/m ²))	-0.86	-0.07	0.75	0.49
W	Cooling Load(MJ/m ²)	0.72	-0.54	-0.28	0.52
	m_c (W/(W/m ²))	0.12	-0.65	0.11	0.56
E	Cooling Load(MJ/m ²)	0.39	-0.69	-0.20	0.37
	m_c (W/(W/m ²))	0.27	0.20	0.24	0.76

4) 方位別の間口との関係 (Fig. 5-12・Table 5-6)

冷房負荷と間口について、前節では、開放面数の連続二面 (△) において強い正の相関が見られた。本節では、3つの住戸タイプにおいて強い正の相関が見られた。内訳は、開放面数連続二面 (△) の南向き住戸、三面四面 (○) の西向きと東向き住戸であった。m_c 値と間口についても同様の傾向が見られた。なお、強い正の相関の傾向は専有面積と同様であった。

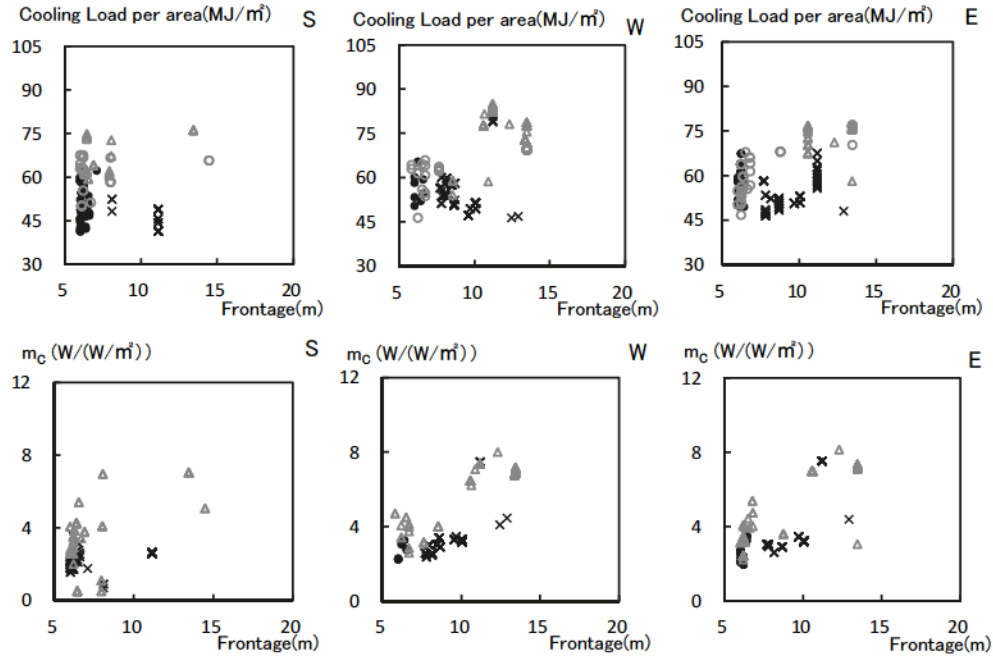


Fig. 5-12 間口における方位ごとの関係

Table 5-6 間口における方位ごとの相関係数の一覧

		x	●	△	○
S	Cooling Load(MJ/m ²)	-0.48	0.07	0.47	0.22
	m _c (W/(W/m ²))	1.00	0.43	0.72	0.52
W	Cooling Load(MJ/m ²)	0.06	-0.08	0.17	0.79
	m _c (W/(W/m ²))	0.65	0.62	0.57	0.93
E	Cooling Load(MJ/m ²)	-0.57	0.32	0.15	0.83
	m _c (W/(W/m ²))	0.82	0.36	0.53	0.90

5) 方位別の奥行間口比との関係 (Fig. 5-13・Table 5-7)

冷房負荷と奥行間口比について、前節では、開放面数の連続二面(△)において強い負の相関が見られた。本節では、6つの住戸タイプにおいて強い負の相関が見みられた。内訳は、開放面数一面(×)の東向き住戸、両端二面(●)の南向きと東向き住戸、連続二面(△)の西向き住戸、三面四面(○)の西向きと東向き住戸であった。

m_c 値と奥行間口比について、4つの住戸タイプのみ冷房負荷と同様の強い負の相関が見られた。内訳は、一面(×)の東向き住戸、連続二面(△)の西向き住戸、三面四面(○)の西向きと東向き住戸であった。これらから、2つの住戸タイプ、両端二面(●)の南向きと東向き住戸については、奥行間口比を大きくすることで、 m_c 値に関わらず冷房負荷を抑制できる可能性があると分かる。

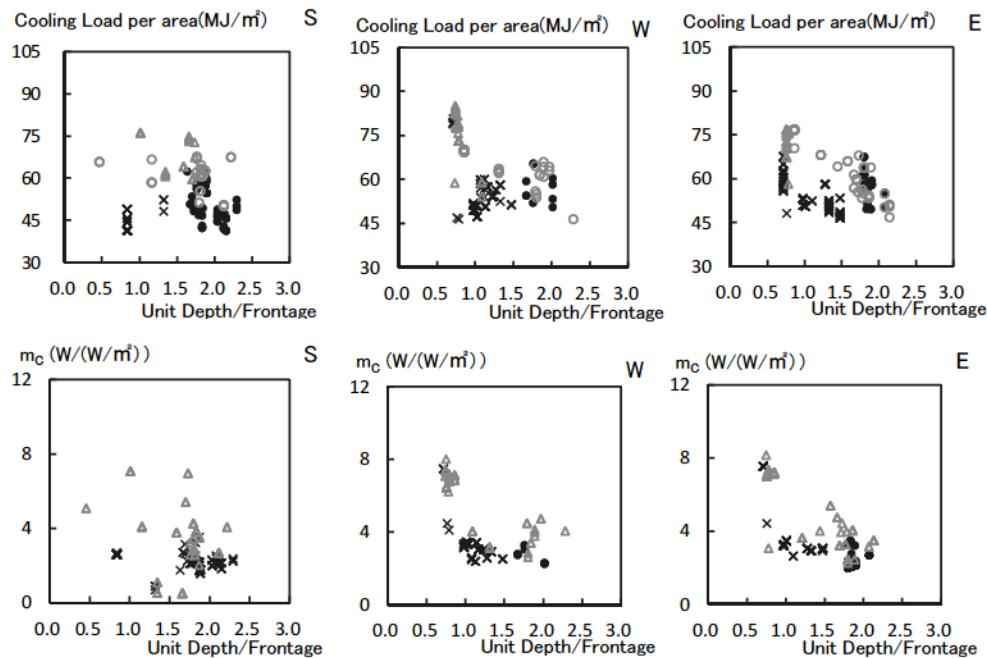


Fig. 5-13 奥行間口比における方位ごとの関係

Table 5-7 奥行間口比における方位ごとの相関係数の一覧

		×	●	△	○
S	Cooling Load(MJ/m ²)	0.48	-0.53	-0.31	-0.32
	m_c (W/(W/m ²))	-1.00	-0.10	-0.44	-0.54
W	Cooling Load(MJ/m ²)	-0.20	-0.18	-0.79	-0.82
	m_c (W/(W/m ²))	-0.67	-0.79	-0.90	-0.82
E	Cooling Load(MJ/m ²)	-0.69	-0.62	0.18	-0.91
	m_c (W/(W/m ²))	-0.83	0.04	0.32	-0.81

6) 方位別の開口率との関係 (Fig. 5-14・Table 5-8)

冷房負荷と開口率について、前節では、開放面数の一面 (×) と連続二面 (△) において強い正の相関が見られた。本節では、6つの住戸タイプにおいて強い正の相関が見られた。内訳は、開放面数一面 (×) の西向きと東向き住戸、連続二面 (△) の南向きと西向き住戸、三面四面 (○) の西向きと東向き住戸であった。m_c 値と開口率についても同様の傾向が見られた。

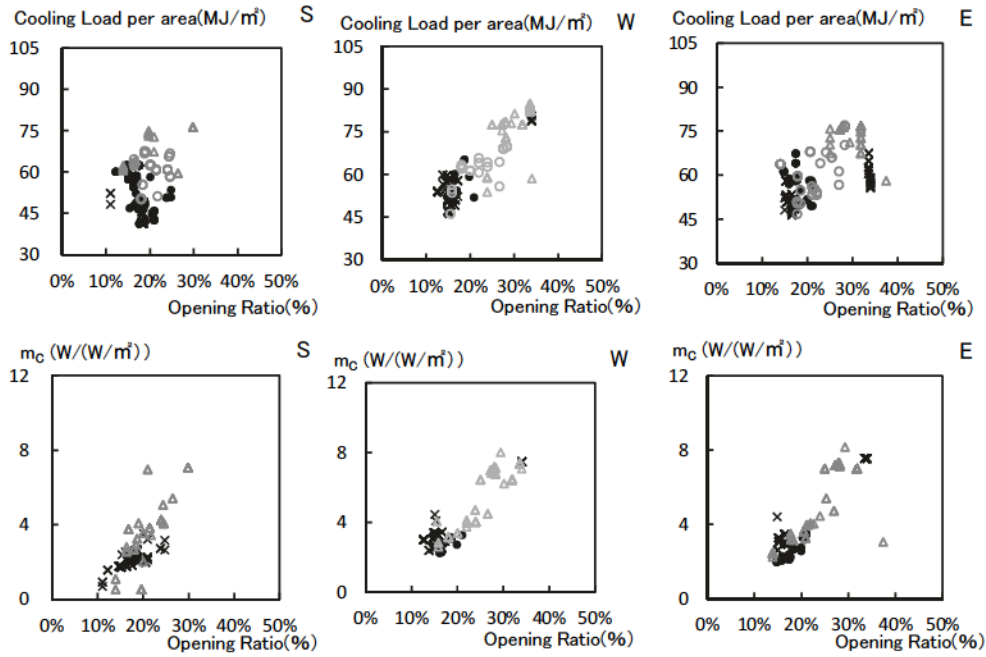


Fig. 5-14 開口率における方位ごとの関係

Table 5-8 開口率における方位ごとの相関係数の一覧

		×	●	△	○
S	Cooling Load(MJ/m ²)	-0.45	-0.60	0.55	0.18
	m _c (W/(W/m ²))	1.00	0.70	0.84	0.89
W	Cooling Load(MJ/m ²)	0.76	0.25	0.64	0.82
	m _c (W/(W/m ²))	0.91	0.83	0.54	0.92
E	Cooling Load(MJ/m ²)	0.75	-0.55	-0.32	0.54
	m _c (W/(W/m ²))	0.99	0.64	-0.25	0.94

7) 方位別の主開口庇長さ開口高さ比との関係 (Fig. 5-15・Table 5-9)

冷房負荷と主開口庇長さ開口高さ比について、前節では、開放面数の一面(×)と連続二面(△)において強い負の相関が見られた。本節では、10の住戸タイプにおいて強い負の相関が見られた。内訳は、開放面数一面(×)の全方位の住戸、両端二面(●)の南向きと東向き住戸、連続二面(△)の全方位の住戸、三面四面(○)の西向きと東向き住戸であった。

m_c 値と主開口庇長さ開口高さ比について、6つの住戸タイプのみ冷房負荷と同様の強い負の相関が見られる。内訳は、一面(×)の西向きと東向き住戸、連続二面(△)の南向きと西向き住戸、三面四面(○)の西向きと東向き住戸であった。ただし、西向きや東向き住戸において強い負の相関が見られるが、太陽高度が低いため「主開口の庇(バルコニー)」により日射遮蔽ができていないと断言できないことから、袖壁や手摺を含む複合的な日射遮蔽部材による寄与する割合の検証については、今後の検討課題とする。これらから、2つの住戸タイプ、開放面数一面(×)の南向き住戸、両端二面(●)の南向き住戸については、主開口庇長さ開口高さ比を大きくすることで、 m_c 値に関わらず冷房負荷を抑制できる可能性があると分かる。

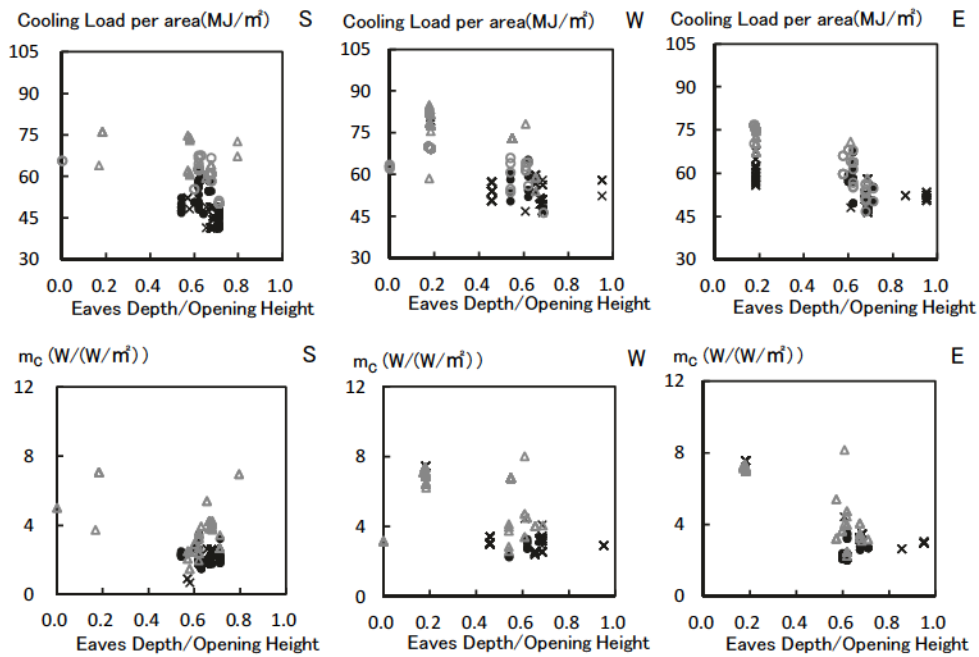


Fig. 5-15 主開口庇長さ開口高さ比における方位ごとの関係

Table 5-9 主開口庇長さ開口高さ比における方位ごとの相関係数の一覧

		×	●	△	○
S	Cooling Load(MJ/m ²)	-0.52	-0.49	-0.46	-0.39
	m_c (W/(W/m ²))	<u>0.94</u>	-0.05	-0.42	-0.36
W	Cooling Load(MJ/m ²)	-0.49	0.29	-0.71	-0.62
	m_c (W/(W/m ²))	-0.55	<u>0.91</u>	-0.46	-0.44
E	Cooling Load(MJ/m ²)	-0.72	-0.55	-0.56	-0.84
	m_c (W/(W/m ²))	-0.95	<u>0.21</u>	<u>0.58</u>	-0.89

5. 4. 2. 小結

本節から、以下の知見が得られ (Table 5-10)。

- 1) 開放面数一面 (×) の住戸について、冷房負荷が抑制できる可能性のある住戸タイプは、以下の通りであった。南向き住戸の「複雑度」「庇」。西向き住戸の「住戸表面積」「複雑度」「開口率」「庇」。東向き住戸の「住戸表面積」「奥行間口比」「開口率」「庇」であった。この中でも、 m_c 値に関わらず冷房負荷を抑制できる住戸タイプは3つあり、南向き住戸の「複雑度」「庇」、西向き住戸の「複雑度」であることが分かった。
- 2) 開放面数両端二面 (●) の住戸について、冷房負荷が抑制できる可能性のある住戸タイプは、以下の通りであった。南向き住戸の「奥行間口比」「庇」。東向き住戸の「奥行間口比」「庇」であった。この中でも、 m_c 値に関わらず冷房負荷を抑制できる住戸タイプは3つあり、南向き住戸の「奥行間口比」「庇」、東向き住戸の「奥行間口比」であることが分かった。
- 3) 開放面数連続二面 (△) と三面四面 (○) の住戸について、住戸形状の要素により冷房負荷を抑制できる可能性のある住戸タイプは複数見られた。一方で、 m_c 値に関わらず冷房負荷を抑制できる住戸タイプは見られなかった。
- 4) 冷房負荷と m_c 値ともに強い相関が見られた方位は西向きと東向き住戸が最も多く 13 の住戸タイプ。次に南向き住戸は6つであった。
- 5) 冷房負荷のみに強い相関が見られた方位は、南向き住戸が最も多く4つの住戸タイプ (内訳は、一面 (×) の「複雑度」「庇」及び両端二面 (●) の「奥行間口比」「庇」)。次に西向き住戸の1つ (一面 (×) の「複雑度」)。東向き住戸の1つ (両端二面 (●) の「奥行間口比」) であった。いずれも、 m_c 値に関わらず住戸形状の要素により、冷房負荷を抑制できる可能性があることが分かった。
- 6) 住戸形状の要素別に見ると、特に「庇」、その次に「開口率」が無相関となる住戸タイプが少なかったことから、「庇」や「開口率」については冷房負荷の抑制に寄与する度合いが高いと推察される。

Table 5-10 冷房負荷を抑制できる相関が見られた住戸形状の要素と住戸タイプの一覧

南向き							
一面 (×) n=48		両端二面 (●) n=106		連続二面 (△) n=24		三面四面 (○) n=49	
複雑度	0.54	奥行/間口	-0.53	専有面積	0.41	庇	-0.39
庇	-0.52	庇	-0.49	住戸表面積	0.50		
				間口	0.47		
				開口率	0.55		
				庇	-0.46		
西向き							
一面 (×) n=125		両端二面 (●) n=10		連続二面 (△) n=73		三面四面 (○) n=31	
住戸表面積	0.45			住戸表面積	0.43	専有面積	0.62
複雑度	0.72			奥行/間口	-0.79	複雑度	0.52
開口率	0.76			開口率	0.64	間口	0.79
庇	-0.49			庇	-0.71	奥行/間口	-0.82
						開口率	0.82
						庇	-0.62
東向き							
一面 (×) n=110		両端二面 (●) n=38		連続二面 (△) n=43		三面四面 (○) n=45	
住戸表面積	0.77	奥行/間口	-0.62	住戸表面積	0.46	専有面積	0.57
奥行/間口	-0.69	庇	-0.55	庇	-0.56	住戸表面積	0.40
開口率	0.75					間口	0.83
庇	-0.72					奥行/間口	-0.91
						開口率	0.54
						庇	-0.84

* グレーで網掛けしている箇所は、 m_c 値に関わらず冷房負荷のみ抑制できる要素である。

5. 5. 結論

本章では冷房負荷に焦点を当て、データベースの作成と分析例を示した。

本章から、以下の知見が得られた。5. 2. 及び5. 3. では、住戸形状の要素別に各断熱に係る設計指標と冷房負荷の傾向や関係、各断熱に係る設計指標の有効性を明らかにするため、住戸形状の要素ごとに冷房負荷と各断熱に係る設計指標を、開放面数ごとに層別した散布図を用いて比較を行った。その結果、冷房負荷の相関係数と傾向に近い断熱に係る設計指標は m_c 値であることが分かった。これらから、住戸形状の要素によっては、断熱に係る設計指標に有効性があることを確認できたが、有意性の検討により重回帰分析を進めるには、さらに外的条件を揃える必要があることが分かった。

5. 4. では、詳細なシミュレーションを行わなくとも寸法や比率などの定量的な指標によって、消費エネルギー量の削減を取り入れた住戸内平面計画を可能とするため、さらに外的条件の要素を揃えたデータベースを作成した。その結果、住戸の開放面数と方位の組み合わせ（住戸タイプ）によっては、冷房負荷を抑制できる住戸形状の要素があることが分かった。特に、住戸形状の要素「庇」や「開口率」については、冷房負荷の抑制に寄与する割合が高いと推察される。また、 m_c 値に関わらず冷房負荷を抑制できる特定の住戸タイプがあることも分かったことから、住戸内平面計画の側面から冷房負荷を抑制できる可能性が把握できた。

このようにして、前章と本章を通じて暖冷房両面において、住戸形状の各要素における分析例やデータベースの可能性を示した。住戸内平面計画により消費エネルギー量を削減させることは、住戸単体では小さな試みではあるが、例えば分譲マンションの建設が多いことを鑑みれば、消費エネルギーの削減の効果は大きいものであり、集合住宅の住戸計画を変えるきっかけになる可能性があると考えられる。次章は、重回帰分析を行い、消費エネルギー量の削減に寄与する割合が大きい住戸形状の要素を明らかにしたい。また、各住戸形状の要素の寸法や比率、形状を変化させるとどのくらい消費エネルギー量を削減できるかも明らかにする。

6章 住戸形状の要素と暖冷房負荷の影響関係

本章では、暖冷房負荷削減に寄与する住戸形状の要素を明らかにする。そのため、重回帰分析のモデル式を算出し、各住戸形状の要素の回帰係数における有意性を確認する。また、住戸形状の要素の単位が一律でないため、標準偏回帰係数（以下、標準化係数）により暖房や冷房負荷に対する住戸形状の要素相互の影響を把握し、暖冷房負荷削減に寄与する住戸形状の要素の順位付けを行う。続けて、住戸タイプ別に標準化係数を用いて暖房負荷と冷房負荷を比較し、住戸形状の各要素における係数の影響度や有意性ならびに係数が相反する傾向に無いか確認をする。

これらの分析から有効であることが分かった住戸形状の要素により、消費エネルギー量を削減する手法（住戸タイプ別に暖冷房負荷を抑制できる物理的な特徴）の提示をする。手法が明らかになることで、住戸内平面計画の検討時に、設計をしながら消費エネルギー量の削減も検討できることになる。なお、外的条件の要素である方位と開放面数については、4章及び5章の分析により暖冷房負荷に対する相関が強い多重共線性の要素と判断し、重回帰分析における説明変数としては扱わない。重回帰分析には、「BellCurve for Excel」を使用した。その他に、エクセルのアドインのひとつ「データ分析ツール」を使い、算出結果を補完チェックしている。

6. 1. 暖房負荷削減に寄与する住戸形状の要素

6. 1. 1. 南向き住戸の場合

1) 開放面数「一面」との組み合わせ

暖房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-1 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。なお、間口、奥行間口比及び庇は、線形結合している変数として扱うこととし、重回帰分析のモデル式からは除外した。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、専有面積>開口率>住戸表面積>複雑度の順番であることが分かった。しかし、P 値を見ると、全ての住戸形状の要素において偏回帰係数の有意性が認められないことが分かった。

重回帰式

$$y = -574.029 + 10.359 x_1 - 3.030 x_2 + 37.087 x_3 - 785.435 x_6$$

Table 6-1 南向きかつ一面 (×) の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧

標本数 = 48

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値
1	専有面積	10.359	20.458	2.125	-30.898	51.616	0.256	0.506	0.6152
2	表面積	-3.030	5.420	-0.570	-13.960	7.901	0.312	-0.559	0.5791
3	複雑度	37.087	138.350	0.393	-241.923	316.097	0.072	0.268	0.7899
6	開口率	-785.435	1,514.496	-1.194	-3,839.70	2,268.838	0.269	-0.519	0.6067
	切片	-574.029	1,611.720		-3,824.37	2,676.313	0.127	-0.356	0.7235

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-2 に示した。修正 R² は算出できず、R² についても重回帰式によって 5.4% しか説明できない。また、P 値についても有意性を見出せなかった。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により暖房負荷を抑制できる可能性が無いことが分かった。

Table 6-2 南向きかつ一面 (×) の住戸タイプにおける回帰式の精度及び優位性

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.2334	-	0.0545	-	0.6195	0.6511

2) 開放面数「両端二面」との組み合わせ

暖房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-3 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、庇>複雑度>開口率>間口>専有面積>住戸表面積>奥行間口比の順番であることが分かった。なお、P 値を見ると、専有面積、住戸表面積、間口、奥行間口比、切片については、偏回帰係数の有意性が認められないことが分かった。

重回帰式

$$y = -27.505 - 0.245 x_1 - 0.086 x_2 + 30.59 x_3 + 6.892 x_4 + 2.824 x_5 + 135.972 x_6 - 102.325 x_7$$

Table 6-3 南向きかつ両端二面（●）の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧

標本数= 106

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値	
1	専有面積	-0.245	0.396	-0.108	-1.031	0.540	0.384	-0.619	0.5371	
2	表面積	-0.086	0.064	-0.108	-0.214	0.041	1.813	-1.347	0.1812	
3	複雑度	30.590	5.753	0.577	19.174	42.007	28.274	5.317	P < 0.001	**
4	間口	6.892	7.169	0.155	-7.334	21.119	0.924	0.961	0.3387	
5	奥行/間口	2.824	11.742	0.052	-20.478	26.127	0.058	0.241	0.8104	
6	開口率	135.972	27.517	0.425	81.367	190.578	24.418	4.941	P < 0.001	**
7	庇/開口高切片	-102.325	15.176	-0.634	-132.442	-72.209	45.461	-6.743	P < 0.001	**
		-27.505	43.285		-113.401	58.392	0.404	-0.635	0.5266	

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-4 に示した。修正 R²により重回帰式によって 42.49%説明可能であることが分かった。また、P 値についても有意性を見いだすことができる。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により暖房負荷を抑制できる可能性が有ることが分かった。

Table 6-4 南向きかつ両端二面（●）の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.6806	0.6519	0.4633	0.4249	12.0836	P < 0.001

3) 開放面数「連続二面」との組み合わせ

暖房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-5 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、間口>奥行間口比>開口率>専有面積>住戸表面積>複雑度>庇の順番であることが分かった。なお、P 値を見ると、庇については、偏回帰係数の有意性が認められないことが分かった。

重回帰式

$$y = -254.801 - 1.048x_1 - 0.839x_2 + 24.079x_3 + 24.167x_4 + 169.304x_5 - 279.305x_6 + 3.152x_7$$

Table 6-5 南向きかつ連続二面（△）の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧

標本数= 24

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値	
1	専有面積	-1.048	0.087	-1.759	-1.233	-0.863	144.113	-12.005	P < 0.001	**
2	表面積	-0.839	0.125	-0.968	-1.105	-0.574	44.976	-6.706	P < 0.001	**
3	複雑度	24.079	4.273	0.487	15.021	33.136	31.760	5.636	P < 0.001	**
4	間口	24.167	1.284	9.851	21.445	26.889	354.345	18.824	P < 0.001	**
5	奥行/間口	169.304	9.348	6.808	149.488	189.120	328.045	18.112	P < 0.001	**
6	開口率	-279.305	21.067	-2.360	-323.966	-234.644	175.766	-13.258	P < 0.001	**
7	庇/開口高切片	3.152	2.483	0.097	-2.111	8.416	1.612	1.270	0.2224	
		-254.801	15.682		-288.044	-221.557	264.009	-16.248	P < 0.001	**

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-6 に示した。修正 R²により重回帰式によって 97.55%説明可能であることが分かった。また、P 値についても有意性を見いだすことができる。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により暖房負荷を抑制できる可能性が有ることが分かった。

Table 6-6 南向きかつ連続二面（△）の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.9914	0.9877	0.9829	0.9755	131.6085	P < 0.001

4) 開放面数「三面四面」との組み合わせ

暖房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-7 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、間口>庇>奥行間口比>専有面積>複雑度>開口率>住戸表面積の順番であることが分かった。なお、P 値を見ると、専有面積、住戸表面積、複雑度、間口、奥行間口比、開口率については、偏回帰係数の有意性が認められないことが分かった。

重回帰式

$$y = 233.608 + 1.026 x_1 + 0.151 x_2 - 10.054 x_3 - 14.944 x_4 - 25.390 x_5 + 52.399 x_6 - 84.696 x_7$$

Table 6-7 南向きかつ三面四面 (○) の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧

標本数= 49

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値	
1	専有面積	1.026	0.923	0.260	-0.837	2.889	1.237	1.112	0.2726	
2	表面積	0.151	0.188	0.078	-0.230	0.532	0.642	0.801	0.4277	
3	複雑度	-10.054	14.548	-0.226	-39.434	19.327	0.478	-0.691	0.4934	
4	間口	-14.944	8.015	-2.596	-31.130	1.242	3.477	-1.865	0.0694	
5	奥行/間口	-25.390	20.408	-0.933	-66.604	15.825	1.548	-1.244	0.2205	
6	開口率	52.399	37.219	0.145	-22.767	127.565	1.982	1.408	0.1667	
7	庇/開口高切片	-84.696	40.546	-1.175	-166.581	-2.811	4.363	-2.089	0.0430	*
		233.608	24.845		183.432	283.783	88.409	9.403	P < 0.001	**

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-8 に示した。修正 R²により重回帰式によって 77.17%説明可能であることが分かった。また、P 値についても有意性を見いだすことができる。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により暖房負荷を抑制できる可能性が有ることが分かった。

Table 6-8 南向きかつ三面四面 (○) の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.8972	0.8785	0.8050	0.7717	24.1793	P < 0.001

6. 1. 2. 西向き住戸の場合

1) 開放面数「一面」との組み合わせ

暖房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-9 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、住戸表面積 > 専有面積 > 開口率 > 間口 > 複雑度 > 庇 > 奥行間口比の順番であることが分かった。なお、P 値を見ると、専有面積、住戸表面積、複雑度、奥行間口比、開口率、庇については、偏回帰係数の有意性が認められないことが分かった。

重回帰式

$$y = 54.759 - 0.410 x_1 - 0.696 x_2 + 4.310 x_3 + 7.769 x_4 + 6.375 x_5 + 89.474 x_6 - 6.175 x_7$$

Table 6-9 西向きかつ一面 (X) の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧

標本数= 125

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値	
1	専有面積	-0.410	0.302	-0.604	-1.008	0.187	1.849	-1.360	0.1766	
2	表面積	-0.696	0.502	-0.974	-1.691	0.298	1.925	-1.387	0.1680	
3	複雑度	4.310	3.440	0.291	-2.504	11.124	1.569	1.253	0.2128	
4	間口	7.769	1.393	1.381	5.010	10.528	31.102	5.577	P < 0.001	**
5	奥行/間口	6.375	3.968	0.164	-1.483	14.234	2.582	1.607	0.1108	
6	開口率	89.474	61.657	0.606	-32.635	211.583	2.106	1.451	0.1494	
7	庇/開口高切片	-6.175	4.808	-0.155	-15.697	3.347	1.649	-1.284	0.2016	
		54.759	21.368		12.441	97.077	6.567	2.563	0.0117	*

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-10 に示した。修正 R²により重回帰式によって 74.54%説明可能であることが分かった。また、P 値についても有意性を見いだすことができる。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により暖房負荷を抑制できる可能性が有ることが分かった。

Table 6-10 西向きかつ一面 (X) の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.8716	0.8634	0.7598	0.7454	52.8623	P < 0.001

2) 開放面数「両端二面」との組み合わせ

まず、暖房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-11 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。なお、奥行間口比、庇は、線形結合している変数として扱うこととし、重回帰分析のモデル式からは除外した。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、住戸表面積>間口>専有面積>複雑度>開口率の順番であることが分かった。しかし、P 値を見ると、全ての住戸形状の要素において各要素の偏回帰係数の有意性が認められなかったことから、変数同士に相関の強いものが含まれている多重共線性の可能性がある。

重回帰式

$$y = 646.018 - 5.968 x_1 + 9.057 x_2 - 84.151 x_3 - 73.692 x_4 + 372.320 x_6$$

Table 6-11 西向きかつ両端二面（●）の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧

標本数= 10

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値
1	専有面積	-5.968	4.064	-1.731	-17.252	5.316	2.156	-1.468	0.2159
2	表面積	9.057	6.122	4.050	-7.940	26.055	2.189	1.479	0.2131
3	複雑度	-84.151	85.970	-1.337	-322.842	154.539	0.958	-0.979	0.3831
4	間口	-73.692	55.882	-3.214	-228.846	81.462	1.739	-1.319	0.2577
6	開口率	372.320	183.522	1.126	-137.220	881.859	4.116	2.029	0.1124
	切片	646.018	519.743		-797.021	2089.057	1.545	1.243	0.2818

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-12 に示した。修正 R²により重回帰式によって 63.06%説明できると分かったが、P 値に有意性を見出せなかった。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により暖房負荷を抑制できる可能性が無いことが分かった。

Table 6-12 西向きかつ両端二面（●）の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.9364	0.7941	0.8769	0.6306	3.5603	0.1624

3) 開放面数「連続二面」との組み合わせ

暖房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-13 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、開口率>奥行間口比>庇>間口>複雑度>住戸表面積>専有面積の順番であることが分かった。なお、P 値を見ると、住戸表面積については、偏回帰係数の有意性が認められないことが分かった。

重回帰式

$$y = 1289.421 - 1.120 x_1 - 1.378 x_2 + 33.748 x_3 - 17.585 x_4 - 707.370 x_5 - 1225.12 x_6 + 76.573 x_7$$

Table 6-13 西向きかつ連続二面（△）の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧

標本数= 73

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値	
1	専有面積	-1.120	0.672	-0.423	-2.462	0.221	2.781	-1.668	0.1002	
2	表面積	-1.378	0.557	-0.530	-2.491	-0.265	6.110	-2.472	0.0161	*
3	複雑度	33.748	5.871	0.544	22.023	45.473	33.043	5.748	P < 0.001	**
4	間口	-17.585	1.912	-1.117	-21.404	-13.766	84.557	-9.195	P < 0.001	**
5	奥行/間口	-707.370	33.502	-2.270	-774.279	-640.461	445.801	-21.114	P < 0.001	**
6	開口率	-1225.12	64.554	-1.470	-1354.05	-1096.20	360.174	-18.978	P < 0.001	**
7	庇/開口高切片	76.573	7.623	0.616	61.350	91.797	100.910	10.045	P < 0.001	**
		1289.421	36.523		1216.481	1362.362	1246.431	35.305	P < 0.001	**

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-14 に示した。修正 R²により重回帰式によって 96.65%説明可能であることが分かった。また、P 値についても有意性を見出すことができる。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により暖房負荷を抑制できる可能性が有ることが分かった。

Table 6-14 西向きかつ連続二面（△）の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.9848	0.9831	0.9698	0.9665	298.0271	P < 0.001

4) 開放面数「三面四面」との組み合わせ

暖房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-15 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、間口>奥行間口比>専有面積>庇>開口率>住戸表面積>複雑度の順番であることが分かった。なお、P 値を見ると、専有面積、複雑度、間口、庇については、偏回帰係数の有意性が認められないことが分かった。

重回帰式

$$y = 156.310 + 3.220 x_1 - 0.555 x_2 + 6.626 x_3 - 13.529 x_4 - 83.944 x_5 - 113.326 x_6 + 32.479 x_7$$

Table 6-15 西向きかつ三面四面 (○) の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧

標本数= 31

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値	
1	専有面積	3.220	1.791	1.920	-0.486	6.926	3.231	1.797	0.0854	
2	表面積	-0.555	0.210	-0.213	-0.990	-0.120	6.981	-2.642	0.0146	*
3	複雑度	6.626	4.033	0.150	-1.718	14.969	2.699	1.643	0.1140	
4	間口	-13.529	9.079	-2.950	-32.311	5.253	2.220	-1.490	0.1498	
5	奥行/間口	-83.944	31.510	-2.630	-149.128	-18.759	7.097	-2.664	0.0139	*
6	開口率	-113.326	45.973	-0.328	-208.429	-18.222	6.076	-2.465	0.0216	*
7	庇/開口高切片	32.479	29.209	0.473	-27.945	92.903	1.236	1.112	0.2777	
		156.310	38.354		76.969	235.651	16.609	4.075	P < 0.001	**

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-16 に示した。修正 R²により重回帰式によって 89.34%説明可能であることが分かった。また、P 値についても有意性を見いだすことができる。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により暖房負荷を抑制できる可能性が有ることが分かった。

Table 6-16 西向きかつ三面四面 (○) の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.9583	0.9452	0.9183	0.8934	36.9254	P < 0.001

6. 1. 3. 東向き住戸の場合

1) 開放面数「一面」との組み合わせ

暖房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-17 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、間口>専有面積>開口率>奥行間口比>住戸表面積>複雑度>庇の順番であることが分かった。なお、P 値を見ると、庇については、偏回帰係数の有意性が認められないことが分かった。

重回帰式

$$y = 79.441 - 4.767 x_1 + 1.514 x_2 - 20.688 x_3 + 36.834 x_4 + 87.704 x_5 - 424.658 x_6 - 16.901 x_7$$

Table 6-17 東向きかつ一面 (×) の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧

標本数= 110

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値	
1	専有面積	-4.767	1.118	-2.661	-6.984	-2.550	18.185	-4.264	P < 0.001	**
2	表面積	1.514	0.436	1.531	0.648	2.379	12.039	3.470	P < 0.001	**
3	複雑度	-20.688	6.611	-1.020	-33.802	-7.575	9.792	-3.129	0.0023	**
4	間口	36.834	8.966	3.569	19.051	54.617	16.879	4.108	P < 0.001	**
5	奥行/間口	87.704	18.644	1.748	50.723	124.684	22.128	4.704	P < 0.001	**
6	開口率	-424.658	137.606	-2.331	-697.598	-151.718	9.524	-3.086	0.0026	**
7	庇/開口高切片	-16.901	10.728	-0.316	-38.180	4.378	2.482	-1.575	0.1183	
		79.441	34.977		10.065	148.818	5.159	2.271	0.0252	*

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-18 に示した。修正 R²により重回帰式によって 66.10%説明可能であることが分かった。また、P 値についても有意性を見出すことができる。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により暖房負荷を抑制できる可能性が有ることが分かった。

Table 6-18 東向きかつ一面 (×) の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.8263	0.8130	0.6828	0.6610	31.3668	P < 0.001

2) 開放面数「両端二面」との組み合わせ

暖房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-19 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、奥行間口比>複雑度>庇>開口率>間口>専有面積>住戸表面積の順番であることが分かった。なお、P 値を見ると、専有面積、住戸表面積、間口、奥行間口比、庇、切片については、偏回帰係数の有意性が認められないことが分かった。

重回帰式

$$y = -37.569 + 0.637 x_1 + 0.252 x_2 + 58.982 x_3 - 22.257 x_4 - 105.352 x_5 + 225.123 x_6 + 164.303 x_7$$

Table 6-19 東向きかつ両端二面 (●) の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧
標本数= 38

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値	
1	専有面積	0.637	1.105	0.144	-1.620	2.894	0.332	0.576	0.5689	
2	表面積	0.252	0.265	0.133	-0.290	0.794	0.901	0.949	0.3501	
3	複雑度	58.982	20.064	0.815	18.005	99.958	8.642	2.940	0.0063	**
4	間口	-22.257	28.207	-0.260	-79.863	35.349	0.623	-0.789	0.4363	
5	奥行/間口	-105.352	61.909	-0.910	-231.786	21.083	2.896	-1.702	0.0991	
6	開口率	225.123	100.361	0.414	20.158	430.088	5.032	2.243	0.0324	*
7	庇/開口高切片	164.303	82.883	0.579	-4.967	333.572	3.930	1.982	0.0567	
		-37.569	124.814		-292.473	217.335	0.091	-0.301	0.7655	

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-20 に示した。修正 R²により重回帰式によって 67.25%説明可能であることが分かった。また、P 値についても有意性を見いだすことができる。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により暖房負荷を抑制できる可能性が有ることが分かった。

Table 6-20 東向きかつ連続二面 (△) の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.8570	0.8200	0.7344	0.6725	11.8525	P < 0.001

3) 開放面数「連続二面」との組み合わせ

暖房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-21 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。なお、奥行間口比及び開口率は、線形結合している変数として扱うこととし重回帰分析のモデル式からは除外した。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、間口>専有面積>複雑度>庇>住戸表面積の順番であることが分かった。しかし、P 値を見ると、切片以外の住戸形状の要素に偏回帰係数の有意性が認められないことが分かった。

重回帰式

$$y = 357.803 + 0.836 x_1 + 0.081 x_2 + 7.633 x_3 - 32.201 x_4 + 38.048 x_7$$

Table 6-21 東向きかつ連続二面（△）の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧
標本数= 43

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値	
1	専有面積	0.836	3.729	0.284	-6.720	8.392	0.050	0.224	0.8238	
2	表面積	0.081	0.729	0.025	-1.395	1.558	0.012	0.111	0.9120	
3	複雑度	7.633	41.842	0.161	-77.147	92.414	0.033	0.182	0.8562	
4	間口	-32.201	28.897	-1.317	-90.752	26.350	1.242	-1.114	0.2723	
7	庇/開口高	38.048	91.325	0.110	-146.994	223.091	0.174	0.417	0.6794	
	切片	357.803	64.787		226.532	489.075	30.501	5.523	P < 0.001	**

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-22 に示した。修正 R²により重回帰式によって 98.67%説明可能であることが分かった。また、P 値についても有意性を見出すことができる。

Table 6-22 東向きかつ連続二面（△）の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.9941	0.9933	0.9883	0.9867	624.1481	P < 0.001

4) 開放面数「三面四面」との組み合わせ

暖房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-23 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、庇>奥行間口比>専有面積>住戸表面積>開口率>複雑度>間口の順番であることが分かった。なお、P 値を見ると、間口については、偏回帰係数の有意性が認められないことが分かった。

重回帰式

$$y = 235.244 - 3.549 x_1 + 2.279 x_2 - 41.421 x_3 + 0.749 x_4 + 116.888 x_5 + 330.756 x_6 - 313.906 x_7$$

Table 6-23 東向きかつ三面四面 (○) の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧

標本数= 45

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値	
1	専有面積	-3.549	0.556	-1.902	-4.675	-2.423	40.807	-6.388	P < 0.001	**
2	表面積	2.279	0.373	1.184	1.522	3.035	37.229	6.102	P < 0.001	**
3	複雑度	-41.421	7.220	-1.165	-56.049	-26.793	32.917	-5.737	P < 0.001	**
4	間口	0.749	3.316	0.152	-5.970	7.467	0.051	0.226	0.8226	
5	奥行/間口	116.888	17.940	3.529	80.537	153.238	42.450	6.515	P < 0.001	**
6	開口率	330.756	45.374	1.169	238.820	422.692	53.138	7.290	P < 0.001	**
7	庇/開口高切片	-313.906	48.102	-4.194	-411.370	-216.441	42.586	-6.526	P < 0.001	**
		235.244	47.935		138.119	332.370	24.084	4.908	P < 0.001	**

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-24 に示した。修正 R²により重回帰式によって 68.76%説明可能であることが分かった。また、P 値についても有意性を見出すことができる。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により暖房負荷を抑制できる可能性が有ることが分かった。

Table 6-24 東向きかつ三面四面 (○) の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.8587	0.8292	0.7373	0.6876	14.8371	P < 0.001

6. 1. 4. 小結

本節では、暖房負荷を削減できる住戸形状の要素を明らかにするため、重回帰分析のモデル式を算出し、各住戸形状の要素の回帰係数における有意性を確認した。また、住戸形状の要素の単位が一樣でないため、標準化係数により暖房負荷に対する住戸形状の要素相互の影響を把握し、暖房負荷削減に寄与する順位付けを行った。これらの分析から、一部の住戸タイプを除き、住戸形状の要素により暖房負荷を抑制できることが分かった。次節においては、同じ分析方法で冷房負荷を削減できる住戸形状の要素を明らかにする。

6. 2. 冷房負荷削減に寄与する住戸形状の要素

6. 2. 1. 南向き住戸の場合

1) 開放面数「一面」との組み合わせ

冷房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-25 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。なお、間口、奥行間口比、及び庇は、線形結合している変数として扱うこととし、重回帰分析のモデル式からは除外した。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、専有面積>開口率>住戸表面積>複雑度の順番であることが分かった。しかし、P 値を見ると、全ての住戸形状の要素において各要素の偏回帰係数の有意性が認められなかったことから、変数同士に相関の強いものが含まれている多重共線性の可能性がある。

重回帰式

$$y = 355.014 - 4.891 x_1 + 0.795 x_2 - 9.730 x_3 + 422.433 x_6$$

Table 6-25 南向きかつ一面（×）の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧

標本数= 48

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値
1	専有面積	-4.891	5.274	-3.319	-15.527	5.746	0.860	-0.927	0.3590
2	表面積	0.795	1.397	0.494	-2.023	3.613	0.324	0.569	0.5724
3	複雑度	-9.730	35.667	-0.341	-81.658	62.199	0.074	-0.273	0.7863
6	開口率	422.433	390.437	2.126	-364.959	1209.824	1.171	1.082	0.2853
	切片	355.014	415.501		-482.924	1192.952	0.730	0.854	0.3976

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-26 に示した。修正 R²により、重回帰式によって 24.8%説明できると分かったが、P 値に有意性を見出せなかった。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により冷房負荷を抑制できる可能性が無いことが分かった。

Table 6-26 南向きかつ一面（×）の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.5585	0.4980	0.3120	0.2480	4.8741	0.0025

2) 開放面数「両端二面」との組み合わせ

まず、冷房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-27 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、奥行間口比>開口率>間口>庇>住戸表面積>複雑度>専有面積の順番であることが分かった。なお、P 値を見ると、専有面積、住戸表面積、複雑度については、偏回帰係数の有意性が認められないことが分かった。

重回帰式

$$y = 246.035 - 0.053 x_1 - 0.077 x_2 - 3.909 x_3 - 11.749 x_4 - 27.994 x_5 - 113.935 x_6 - 42.484 x_7$$

Table 6-27 南向きかつ両端二面（●）の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧

標本数= 106

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値	
1	専有面積	0.053	0.244	0.027	-0.431	0.537	0.047	0.218	0.8280	
2	表面積	-0.077	0.040	-0.111	-0.156	0.001	3.810	-1.952	0.0538	
3	複雑度	-3.909	3.545	-0.084	-10.943	3.126	1.216	-1.103	0.2729	
4	間口	-11.749	4.417	-0.302	-20.514	-2.983	7.075	-2.660	0.0091	**
5	奥行/間口	-27.994	7.235	-0.586	-42.352	-13.637	14.971	-3.869	P < 0.001	**
6	開口率	-113.935	16.954	-0.408	-147.579	-80.290	45.161	-6.720	P < 0.001	**
7	庇/開口高切片	-42.484	9.351	-0.302	-61.040	-23.928	20.643	-4.543	P < 0.001	**
		246.035	26.670		193.111	298.960	85.107	9.225	P < 0.001	**

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-28 に示した。修正 R²により、重回帰式によって 71.30%説明可能であることが分かった。また、P 値についても有意性を見出すことができる。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により冷房負荷を抑制できる可能性が有ることが分かった。

Table 6-28 南向きかつ両端二面（●）の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.8557	0.8444	0.7322	0.7130	38.2708	P < 0.001

3) 開放面数「連続二面」との組み合わせ

冷房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-29 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、開口率>住戸表面積>間口>専有面積>複雑度>奥行間口比>庇の順番であることが分かった。なお、P 値を見ると、庇については、偏回帰係数の有意性が認められないことが分かった。

重回帰式

$$y = -199.612 + 0.621 x_1 + 0.878 x_2 - 23.942 x_3 + 7.390 x_4 + 95.642 x_5 - 94.181 x_6 + 1.122 x_7$$

Table 6-29 南向きかつ連続二面（△）の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧

標本数= 24

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値	
1	専有面積	-1.091	0.097	-1.894	-1.296	-0.885	126.100	-11.229	P < 0.001	**
2	表面積	2.707	0.139	3.231	2.412	3.002	378.307	19.450	P < 0.001	**
3	複雑度	-79.235	4.751	-1.659	-89.307	-69.162	278.089	-16.676	P < 0.001	**
4	間口	-7.258	1.428	-3.063	-10.285	-4.231	25.844	-5.084	P < 0.001	**
5	奥行/間口	-26.742	10.395	-1.113	-48.778	-4.705	6.618	-2.573	0.0204	*
6	開口率	387.098	23.428	3.386	337.432	436.764	272.998	16.523	P < 0.001	**
7	庇/開口高切片	4.608	2.761	0.148	-1.245	10.461	2.785	1.669	0.1146	
		250.102	17.439		213.133	287.071	205.681	14.342	P < 0.001	**

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-30 に示した。修正 R²により、重回帰式によって 96.75%説明可能であることが分かった。また、P 値についても有意性を見出すことができる。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により冷房負荷を抑制できる可能性が有ることが分かった。

Table 6-30 南向きかつ連続二面（△）の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.9886	0.9836	0.9774	0.9675	98.7488	P < 0.001

4) 開放面数「三面四面」との組み合わせ

冷房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-31 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、間口>庇>奥行間口比>複雑度>開口率>住戸表面積>専有面積の順番であることが分かった。なお、P 値を見ると、専有面積、住戸表面積については、偏回帰係数の有意性が認められないことが分かった。

重回帰式

$$y = 150.867 + 0.133 x_1 + 0.075 x_2 + 23.314 x_3 - 16.043 x_4 - 28.965 x_5 + 87.216 x_6 - 109.423 x_7$$

Table 6-31 南向きかつ三面四面 (○) の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧

標本数= 49

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値	
1	専有面積	0.133	0.584	0.068	-1.047	1.312	0.052	0.227	0.8215	
2	表面積	0.075	0.119	0.079	-0.166	0.316	0.397	0.630	0.5320	
3	複雑度	23.314	9.209	1.055	4.717	41.912	6.410	2.532	0.0153	*
4	間口	-16.043	5.073	-5.604	-26.289	-5.798	10.001	-3.162	0.0029	**
5	奥行/間口	-28.965	12.918	-2.140	-55.053	-2.877	5.028	-2.242	0.0304	*
6	開口率	87.216	23.559	0.485	39.637	134.794	13.705	3.702	P < 0.001	**
7	庇/開口高切片	-109.423	25.665	-3.053	-161.254	-57.592	18.178	-4.264	P < 0.001	**
		150.867	15.726		119.107	182.626	92.030	9.593	P < 0.001	**

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-32 に示した。修正 R²により、重回帰式によって 63.00%説明可能であることが分かった。また、P 値についても有意性を見出すことができる。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により冷房負荷を抑制できる可能性が有ることが分かった。

Table 6-32 南向きかつ三面四面 (○) の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.8270	0.7937	0.6840	0.6300	12.6769	P < 0.001

6. 2. 2. 西向き住戸の場合

1) 開放面数「一面」との組み合わせ

冷房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-33 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、専有面積>住戸表面積>開口率>庇>奥行間口比>複雑度>間口の順番であることが分かった。なお、P 値を見ると、複雑度、間口については、偏回帰係数の有意性が認められないことが分かった。

重回帰式

$$y = 53.820 - 0.586 x_1 + 0.755 x_2 + 4.056 x_3 - 1.174 x_4 - 8.558 x_5 - 13.492 x_6 + 5.469 x_7$$

Table 6-33 西向きかつ一面 (X) の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧

標本数= 125

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値	
1	専有面積	-0.586	0.160	-0.810	-0.903	-0.269	13.382	-3.658	P < 0.001	**
2	表面積	0.755	0.266	0.993	0.227	1.283	8.033	2.834	0.0054	**
3	複雑度	4.056	1.826	0.257	0.440	7.671	4.934	2.221	0.0283	*
4	間口	-1.174	0.739	-0.196	-2.639	0.290	2.524	-1.589	0.1148	
5	奥行/間口	-8.558	2.106	-0.207	-12.728	-4.387	16.517	-4.064	P < 0.001	**
6	開口率	-13.492	32.720	-0.086	-78.292	51.308	0.170	-0.412	0.6808	
7	庇/開口高切片	5.469	2.551	0.129	0.416	10.522	4.594	2.143	0.0342	*
		53.820	11.339		31.363	76.277	22.527	4.746	P < 0.001	**

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-34 に示した。修正 R²により、重回帰式によって 93.66%説明可能であることが分かった。また、P 値についても有意性を見出すことができる。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により冷房負荷を抑制できる可能性が有ることが分かった。

Table 6-34 西向きかつ一面 (X) の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.9697	0.9678	0.9402	0.9366	262.9037	P < 0.001

2) 開放面数「両端二面」との組み合わせ

冷房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-35 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。なお、奥行間口比は、線形結合している変数として扱うこととし、重回帰分析のモデル式からは除外した。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、間口>住戸表面積>専有面積>複雑度>開口率の順番であることが分かった。なお、P 値を見ると、すべての住戸形状の要素において偏回帰係数の有意性が認められることが分かった。

重回帰式

$$y = 1301.738 - 11.073 x_1 + 11.007 x_2 - 129.656 x_3 - 118.842 x_4 + 330.150 x_6$$

Table 6-35 西向きかつ両端二面（●）の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧

標本数= 10

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値	
1	専有面積	-11.073	1.389	-3.449	-14.929	-7.218	63.591	-7.974	0.0013	**
2	表面積	11.007	2.092	5.285	5.199	16.814	27.687	5.262	0.0062	**
3	複雑度	-129.656	29.373	-2.212	-211.210	-48.103	19.484	-4.414	0.0116	*
4	間口	-118.842	19.093	-5.566	-171.854	-65.831	38.742	-6.224	0.0034	**
6	開口率	330.150	62.704	1.072	156.055	504.244	27.722	5.265	0.0062	**
	切片	1301.738	177.581		808.694	1794.782	53.735	7.330	0.0018	**

** : $p < .01$ 、* : $p < .05$

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-36 に示した。修正 R^2 により、重回帰式によって 94.28% 説明可能であることが分かった。しかし、P 値については有意性を見出せなかった。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により冷房負荷を抑制できる可能性が無いことが分かった。

Table 6-36 西向きかつ両端二面（●）の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R^2	修正 R^2	F 値	P 値
0.9872	0.9710	0.9746	0.9428	30.6689	0.0028

3) 開放面数「連続二面」との組み合わせ

冷房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-37 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、専有面積>住戸表面積>間口>複雑度>奥行間口比>庇>開口率の順番であることが分かった。なお、P 値を見ると、すべての住戸形状の要素において偏回帰係数の有意性が認められることが分かった。

重回帰式

$$y = -27.469 - 2.435 x_1 + 2.122 x_2 - 30.420 x_3 + 8.922 x_4 + 132.763 x_5 + 95.883 x_6 - 33.083 x_7$$

Table 6-37 西向きかつ連続二面（△）の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧
標本数= 73

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値	
1	専有面積	-2.435	0.189	-3.455	-2.812	-2.057	165.793	-12.876	P < 0.001	**
2	表面積	2.122	0.157	3.068	1.809	2.436	183.067	13.530	P < 0.001	**
3	複雑度	-30.420	1.652	-1.845	-33.720	-27.120	338.914	-18.410	P < 0.001	**
4	間口	8.922	0.538	2.130	7.848	9.997	274.803	16.577	P < 0.001	**
5	奥行/間口	132.763	9.429	1.602	113.931	151.595	198.237	14.080	P < 0.001	**
6	開口率	95.883	18.169	0.432	59.597	132.170	27.849	5.277	P < 0.001	**
7	庇/開口高切片	-33.083	2.145	-1.001	-37.368	-28.798	237.781	-15.420	P < 0.001	**
		-27.469	10.279		-47.998	-6.939	7.141	-2.672	0.0095	**

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-38 に示した。修正 R²により、重回帰式によって 96.25%説明可能であることが分かった。また、P 値についても有意性を見いだすことができる。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により冷房負荷を抑制できる可能性が有ることが分かった。

Table 6-38 西向きかつ連続二面（△）の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.9829	0.9811	0.9662	0.9625	265.2145	P < 0.001

4) 開放面数「三面四面」との組み合わせ

冷房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-39 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、間口>専有面積>奥行間口比>庇>開口率>住戸表面積>複雑度の順番であることが分かった。なお、P 値を見ると、複雑度については、偏回帰係数の有意性が認められないことが分かった。

重回帰式

$$y = 55.063 - 3.079 x_1 + 0.363 x_2 - 2.058 x_3 + 14.151 x_4 + 31.600 x_5 + 107.633 x_6 + 42.798 x_7$$

Table 6-39 西向きかつ三面四面 (○) の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧
標本数= 31

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値	
1	専有面積	-3.079	0.547	-4.928	-4.210	-1.948	31.711	-5.631	P < 0.001	**
2	表面積	0.363	0.064	0.373	0.230	0.495	31.992	5.656	P < 0.001	**
3	複雑度	-2.058	1.231	-0.125	-4.605	0.488	2.795	-1.672	0.1081	
4	間口	14.151	2.771	8.282	8.419	19.884	26.075	5.106	P < 0.001	**
5	奥行/間口	31.600	9.618	2.657	11.704	51.496	10.795	3.286	0.0032	**
6	開口率	107.633	14.033	0.836	78.604	136.661	58.832	7.670	P < 0.001	**
7	庇/開口高切片	42.798	8.916	1.671	24.354	61.241	23.043	4.800	P < 0.001	**
		55.063	11.707		30.845	79.280	22.122	4.703	P < 0.001	**

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-40 に示した。修正 R²により、重回帰式によって 92.85%説明可能であることが分かった。また、P 値についても有意性を見出すことができる。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により冷房負荷を抑制できる可能性が有ることが分かった。

Table 6-40 西向きかつ三面四面 (○) の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.9722	0.9636	0.9452	0.9285	56.6385	P < 0.001

6. 2. 3. 東向き住戸の場合

1) 開放面数「一面」との組み合わせ

冷房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-41 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、間口>奥行間口比>開口率>専有面積>複雑度>庇>住戸表面積の順番であることが分かった。なお、P 値を見ると、住戸表面積、庇については、偏回帰係数の有意性が認められないことが分かった。

重回帰式

$$y = 83.424 + 0.952x_1 + 0.008x_2 + 7.001x_3 - 12.272x_4 - 40.510x_5 + 104.705x_6 + 6.036x_7$$

Table 6-41 東向きかつ一面 (X) の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧

標本数= 110

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値	
1	専有面積	0.952	0.339	1.406	0.279	1.626	7.876	2.806	0.0060	**
2	表面積	0.008	0.132	0.022	-0.255	0.271	0.004	0.062	0.9509	
3	複雑度	7.001	2.007	0.912	3.019	10.982	12.163	3.488	P < 0.001	**
4	間口	-12.272	2.722	-3.143	-17.672	-6.873	20.323	-4.508	P < 0.001	**
5	奥行/間口	-40.510	5.661	-2.134	-51.738	-29.282	51.211	-7.156	P < 0.001	**
6	開口率	104.705	41.781	1.519	21.833	187.577	6.280	2.506	0.0138	*
7	庇/開口高切片	6.036	3.257	0.298	-0.425	12.497	3.434	1.853	0.0668	
		83.424	10.620		62.359	104.489	61.707	7.855	P < 0.001	**

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-42 に示した。修正 R²により、重回帰式によって 78.16%説明可能であることが分かった。また、P 値についても有意性を見出すことができる。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により冷房負荷を抑制できる可能性が有ることが分かった。

Table 6-42 東向きかつ一面 (X) の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.8920	0.8841	0.7957	0.7816	56.7423	P < 0.001

2) 開放面数「両端二面」との組み合わせ

冷房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-43 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、庇>専有面積>間口>複雑度>開口率>奥行間口比>住戸表面積の順番であることが分かった。なお、P 値を見ると、住戸表面積、奥行間口比については、偏回帰係数の有意性が認められないことが分かった。

重回帰式

$$y = 264.703 + 1.787 x_1 + 0.050 x_2 - 21.262 x_3 - 25.718 x_4 - 16.358 x_5 + 111.301 x_6 - 119.426 x_7$$

Table 6-43 東向きかつ両端二面 (●) の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧
標本数= 38

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値	
1	専有面積	1.787	0.335	0.829	1.103	2.471	28.449	5.334	P < 0.001	**
2	表面積	0.050	0.080	0.054	-0.114	0.215	0.391	0.626	0.5363	
3	複雑度	-21.262	6.082	-0.603	-33.684	-8.840	12.220	-3.496	0.0015	**
4	間口	-25.718	8.551	-0.617	-43.181	-8.255	9.046	-3.008	0.0053	**
5	奥行/間口	-16.358	18.767	-0.290	-54.686	21.971	0.760	-0.872	0.3904	
6	開口率	111.301	30.424	0.420	49.166	173.435	13.383	3.658	P < 0.001	**
7	庇/開口高切片	-119.426	25.126	-0.863	-170.739	-68.112	22.592	-4.753	P < 0.001	**
		264.703	37.837		187.430	341.976	48.942	6.996	P < 0.001	**

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-44 に示した。修正 R²により、重回帰式によって 87.34%説明可能であることが分かった。また、P 値についても有意性を見出すことができる。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により冷房負荷を抑制できる可能性が有ることが分かった。

Table 6-44 東向きかつ両端二面 (●) の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.9473	0.9345	0.8973	0.8734	37.4527	P < 0.001

3) 開放面数「連続二面」との組み合わせ

冷房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-45 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。なお、奥行間口比及び開口率は、線形結合している変数として扱うこととし、重回帰分析のモデル式からは除外した。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、間口>専有面積>複雑度>庇>住戸表面積の順番であることが分かった。しかし、P 値を見ると、全ての住戸形状の要素において各要素の偏回帰係数の有意性が認められなかったことから、変数同士に相関の強いものが含まれている多重共線性の可能性がある。

重回帰式

$$y = 50.729 + 0.542 x_1 + 0.120 x_2 + 7.361 x_3 - 4.959 x_4 - 36.463 x_7$$

Table 6-45 東向きかつ連続二面（△）の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧
標本数= 43

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値
1	専有面積	0.542	2.660	1.626	-4.848	5.931	0.041	0.204	0.8397
2	表面積	0.120	0.520	0.330	-0.933	1.173	0.053	0.230	0.8192
3	複雑度	7.361	29.846	1.373	-53.113	67.834	0.061	0.247	0.8066
4	間口	-4.959	20.612	-1.791	-46.724	36.805	0.058	-0.241	0.8112
7	庇/開口高切片	-36.463	65.142	-0.933	-168.454	95.528	0.313	-0.560	0.5790
		50.279	46.213		-43.357	143.915	1.184	1.088	0.2836

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-46 に示した。修正 R²により、重回帰式によって 47.20%説明可能であることが分かった。また、P 値についても有意性を見出すことができる。

Table 6-46 東向きかつ連続二面（△）の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.7314	0.6870	0.5349	0.4720	8.5102	P < 0.001

4) 開放面数「三面四面」との組み合わせ

冷房負荷削減を目的変数とした重回帰式を求めるため、偏回帰係数を Table 6-47 のように算出した。その結果、重回帰式は以下のような数式で表すことができる。次に、標準化係数により、影響の大きい要素が、奥行間口比>間口>専有面積>開口率>住戸表面積>複雑度>庇の順番であることが分かった。なお、P 値を見ると、住戸表面積、複雑度、庇については、偏回帰係数の有意性が認められないことが分かった。

重回帰式

$$y = 118.942 + 0.770 x_1 - 0.206 x_2 + 1.785 x_3 - 3.357 x_4 - 39.422 x_5 - 64.751 x_6 + 2.332 x_7$$

Table 6-47 東向きかつ三面四面 (○) の住戸タイプにおける回帰式に含まれる変数の一覧
標本数= 45

x	変数	係数	標準誤差	標準化係数	下限値	上限値	F 値	t 値	P 値	
1	専有面積	0.770	0.169	0.672	0.427	1.113	20.706	4.5504	P < 0.001	**
2	表面積	-0.206	0.114	-0.174	-0.437	0.024	3.285	-1.8125	0.0780	
3	複雑度	1.785	2.198	0.082	-2.669	6.239	0.659	0.8120	0.4220	
4	間口	-3.357	1.010	-1.113	-5.402	-1.311	11.051	-3.3244	0.0020	**
5	奥行/間口	-39.422	5.463	-1.938	-50.491	-28.353	52.072	-7.2161	P < 0.001	**
6	開口率	-64.751	13.817	-0.372	-92.746	-36.755	21.962	-4.6864	P < 0.001	**
7	庇/開口高切片	2.332	14.648	0.051	-27.347	32.011	0.025	0.1592	0.8744	
		118.942	14.597		89.367	148.518	66.399	8.1486	P < 0.001	**

** : p < .01、* : p < .05

次に、回帰式の精度を把握するため、適合指標を Table 6-48 に示した。修正 R²により、重回帰式によって 92.32%説明可能であることが分かった。また、P 値についても有意性を見出すことができる。これらから、この住戸タイプについては、住戸形状の要素により冷房負荷を抑制できる可能性が有ることが分かった。

Table 6-48 東向きかつ連続二面 (△) の住戸タイプにおける回帰式の精度の一覧

回帰式の精度				回帰式の有意性	
R	修正 R	R ²	修正 R ²	F 値	P 値
0.9672	0.9609	0.9355	0.9232	76.6067	P < 0.001

6. 2. 4. 小結

本節では、冷房負荷を削減できる住戸形状の要素を明らかにするため、重回帰分析のモデル式を算出し、住戸形状の各要素の回帰係数における有意性を確認した。また、住戸形状の要素の単位が一律でないため、標準化係数により冷房負荷に対する住戸形状の要素相互の影響を把握し、冷房負荷削減に寄与する住戸形状の要素の順位付けを行った。これらの分析から、一部の住戸タイプを除き、住戸形状の要素により冷房負荷を抑制できることが分かった。次節においては、住戸タイプ別に標準化係数を用いて暖房負荷と冷房負荷を比較し、住戸形状の各要素における係数の影響度や有意性ならびに係数が相反する傾向に無いか確認をする。

6. 3. 暖房負荷と冷房負荷の影響関係

前節では住戸タイプ別に、暖房負荷と冷房負荷それぞれを抑制する影響について把握したが、本節では住戸タイプ別に、暖房負荷と冷房負荷を同時に比較し、係数の影響度や有意性ならびに係数が相反する傾向に無いか確認をする。そこで、単位が異なるものの影響度が比較できるようにするため、標準化係数を用いて比較し、標準化係数の大きいものから住戸形状の要素を並べる。なお、住戸形状の各要素について有意性のない変数は、取り消し線を追記している。さらに、住戸形状の各要素において暖房負荷と冷房負荷の標準化係数を比較し、相反するものについてはセルをグレーとしている。これらを、一覧できるように方位別で Table 6 - 49 から Table 6 - 51 に示した。

1) 南向き住戸について

開放面数別の標準化係数の一覧表を示した (Table 6 - 49)。なお、暖冷房負荷に影響の大きい住戸形状の要素順としている。まず、住戸形状の各要素について有意性が有るか (取り消し線の有無) を確認する。一面 (×) について、いずれの住戸形状の要素においても有意性を確認できず、回帰式についても、有意性を確認できない。そのため、この住戸タイプは本研究のデータベースでは設計により消費エネルギー量を削減する手法を示すことができない。両端二面 (●) については、暖房負荷は庇、複雑度、開口率。冷房負荷は奥行間口比、開口率、間口、庇。連続二面 (△) については、暖冷房負荷ともに庇以外の住戸形状のすべての要素。三面四面 (○) については、暖房負荷は庇。冷房負荷は間口、庇、奥行間口比、複雑度、開口率。以上の住戸形状の要素において、比率や寸法を調整することで暖冷房負荷を抑制できることが分かった。

次に、暖房と冷房が相反する関係にある (グレーの網掛け) 住戸形状の要素を把握する。両端二面 (●) については、庇、住戸表面積以外のすべての要素。連続二面 (△) については、専有面積、庇以外のすべての要素。三面四面 (○) については、複雑度。これらは、暖房負荷が削減できても、一方では冷房負荷が増加する住戸形状の要素となる。

Table 6-49 南向き住戸における標準化係数の一覧表

一面 (×) n=48				両端二面 (●) n=106			
暖房負荷		冷房負荷		暖房負荷		冷房負荷	
回帰式精度 P : 0.6511		回帰式精度 P : 0.0025		回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001	
専有面積	2.125	専有面積	-3.319	庇	-0.634	奥行/間口	-0.586
開口率	-1.194	開口率	2.126	複雑度	0.577	開口率	-0.408
住戸表面積	-0.570	住戸表面積	0.494	開口率	0.425	間口	-0.302
複雑度	0.393	複雑度	-0.341	間口	0.155	庇	-0.302
				専有面積	-0.108	住戸表面積	-0.111
				住戸表面積	-0.108	複雑度	-0.085
				奥行間口比	0.052	専有面積	0.027
連続二面 (△) n=24				三面四面 (○) n=49			
暖房負荷		冷房負荷		暖房負荷		冷房負荷	
回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001	
間口	9.851	開口率	3.386	間口	-2.596	間口	-5.604
奥行/間口	6.808	住戸表面積	3.231	庇	-1.175	庇	-3.053
開口率	-2.360	間口	-3.063	奥行/間口	-0.933	奥行/間口	-2.140
専有面積	-1.759	専有面積	-1.894	専有面積	0.260	複雑度	1.055
住戸表面積	-0.968	複雑度	-1.659	複雑度	-0.226	開口率	0.485
複雑度	0.487	奥行/間口	-1.113	開口率	0.145	住戸表面積	0.079
庇	0.098	庇	0.148	住戸表面積	0.078	専有面積	0.068

2) 西向き住戸について

開放面数別の標準化係数の一覧表を示した (Table 6 - 50)。なお、暖冷房負荷に影響の大きい住戸形状の要素順としている。まず、住戸形状の各要素について有意性が有るか (取り消し線の有無) を確認する。一面 (×) については、暖房負荷は奥行間口比。冷房負荷は、間口と開口率以外の住戸形状のすべての要素。連続二面 (△) については、暖房負荷は専有面積以外の住戸形状のすべての要素。冷房負荷は、住戸形状のすべての要素。三面四面 (○) については、暖房負荷は奥行間口比、庇、住戸表面積。冷房負荷は複雑度以外の住戸形状のすべての要素。以上の住戸形状の要素において、比率や寸法を調整することで暖冷房府負荷を抑制できることが分かった。なお、両端二面 (●) については、暖房負荷はすべての住戸形状の要素においても有意性を確認できず、回帰式についても、有意性を確認できない。そのため、この住戸タイプは本研究のデータベースでは設計により消費エネルギー量を削減する手法を示すことができない。サンプル数を増やすことで回帰式に有意性を見出すことができれば、住戸形状の要素によって暖房負荷を抑制できる可能性がある。

次に、暖房と冷房が相反する関係にある (グレーの網掛け) 住戸形状の要素を把握する。一面 (×) については、専有面積以外の住戸形状のすべての要素。連続二面 (△) は、専有面積以外のすべての要素。三面四面 (○) は、庇以外のすべての要素。これらは、暖房負荷が削減できても、一方では冷房負荷は増加する住戸形状の要素となる。

Table 6 -50 西向き住戸における標準化係数の一覧表

一面 (×) n=125				両端二面 (●) n=10			
暖房負荷		冷房負荷		暖房負荷		冷房負荷	
回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P : 0.1624		回帰式精度 P : 0.0127	
開口	1.381	住戸表面積	0.993	住戸表面積	4.050	間口	-5.566
住戸表面積	-0.074	専有面積	-0.810	開口	-3.214	住戸表面積	5.285
開口率	0.606	複雑度	0.257	専有面積	-1.731	専有面積	-3.449
専有面積	-0.604	奥行/間口	-0.207	複雑度	-1.337	複雑度	-2.212
複雑度	0.291	開口	-0.196	開口率	1.126	開口率	1.072
奥行/間口	0.164	庇	0.129				
庇	-0.155	開口率	-0.086				
連続二面 (△) n=73				三面四面 (○) n=31			
暖房負荷		冷房負荷		暖房負荷		冷房負荷	
回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001	
開口率	-1225.128	専有面積	-3.455	開口	-2.950	間口	8.282
奥行/間口	-707.370	住戸表面積	3.068	奥行/間口	-2.630	専有面積	-4.928
庇	76.573	間口	2.130	専有面積	1.920	奥行/間口	2.657
複雑度	33.748	複雑度	-1.845	庇	0.473	庇	1.671
間口	-17.585	奥行/間口	1.602	開口率	-0.328	開口率	0.836
住戸表面積	-1.378	庇	-1.001	住戸表面積	-0.213	住戸表面積	0.373
専有面積	-1.120	開口率	0.432	複雑度	0.150	複雑度	-0.125

3) 東向き住戸について

開放面数別の標準化係数の一覧表で示した (Table 6 - 51)。なお、暖冷房負荷に影響の大きい住戸形状の要素順としている。まず、住戸形状の各要素について有意性が有るか (取り消し線の有無) を確認する。一面 (×) については、暖房負荷は、庇以外のすべての要素。冷房負荷は、庇と住戸表面積以外のすべての要素。両端二面 (●) については、暖房負荷は、複雑度と開口率。冷房負荷は、庇、専有面積、間口、複雑度、開口率。三面四面 (○) については、暖房負荷は、間口以外のすべての要素、冷房負荷は、奥行間口比、間口、専有面積、開口率。以上の住戸形状の要素において、比率や寸法を調整することで暖冷房負荷を抑制できることが分かった。なお、連続二面 (△) については、いずれの住戸形状の要素においても有意性を確認できない。そのため、この住戸タイプは本研究のデータベースでは設計により消費エネルギー量を削減する手法を示すことができない。

次に、暖房と冷房が相反する関係にある (グレーの網掛け) 住戸形状の要素を把握する。一面 (×) については、住戸表面積以外のすべての要素。両端二面 (●) については、庇。三面四面 (○) については、住戸表面積以外のすべての要素。これらは、暖房負荷が削減できても、一方では冷房負荷は増加する住戸形状の要素となる。

Table 6 -51 東向き住戸における標準化係数の一覧表

一面 (×) n=110				両端二面 (●) n=38			
暖房負荷		冷房負荷		暖房負荷		冷房負荷	
回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001	
間口	3.569	間口	-3.143	奥行/間口	-0.910	庇	-0.863
専有面積	-2.661	奥行/間口	-2.134	複雑度	0.815	専有面積	0.829
開口率	-2.331	開口率	1.519	庇	0.579	間口	-0.617
奥行/間口	1.748	専有面積	1.406	開口率	0.414	複雑度	-0.603
住戸表面積	1.531	複雑度	0.912	間口	-0.260	開口率	0.420
複雑度	-1.020	庇	0.208	専有面積	0.144	奥行/間口	-0.200
庇	-0.316	住戸表面積	0.022	住戸表面積	0.133	住戸表面積	0.054
連続二面 (△) n=43				三面四面 (○) n=45			
暖房負荷		冷房負荷		暖房負荷		冷房負荷	
回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001	
間口	-1.317	間口	-1.791	庇	-4.194	奥行/間口	-1.938
専有面積	0.284	専有面積	1.626	奥行/間口	3.529	間口	-1.113
複雑度	0.161	複雑度	1.373	専有面積	-1.902	専有面積	0.672
庇	0.110	庇	-0.933	住戸表面積	1.184	開口率	-0.372
住戸表面積	0.025	住戸表面積	0.330	開口率	1.169	住戸表面積	-0.174
				複雑度	-1.165	複雑度	0.082
				間口	0.152	庇	0.051

6. 4. 消費エネルギー量を削減する住戸形状の要素

本節では、前節において標準化係数を用いて有意性が明らかになった住戸タイプ別に暖冷房負荷を抑制する物理的な特徴と設計手法を偏回帰係数によって確認する。

1) 南向き住戸について

(Table 6-49 及び暖房負荷 Table 6-1～6-8、冷房負荷 Table 6-25～6-32)

両端二面 (●) の住戸タイプにおいては、庇、複雑度、開口率を調整することで暖房負荷、奥行間口比、開口率、間口、庇を調整することで冷房負荷の抑制に寄与することが分かった。特に負荷の抑制に寄与する要素は、庇や複雑度である。暖房負荷を抑制する手法としては、寄与する度合いが強い順に、庇（主開口庇長さ開口高さ比）を1比率大きくすることで $102.325\text{MJ}/\text{m}^2$ 、複雑度を1度減らすことで $30.59\text{MJ}/\text{m}^2$ 、開口率を1%減らすことで $135.972\text{MJ}/\text{m}^2$ が削減できる。冷房負荷を抑制する手法としては、寄与する度合いが強い順に、奥行間口比を1比率増やすことで $27.994\text{MJ}/\text{m}^2$ 、開口率を1%増やすことで $113.935\text{MJ}/\text{m}^2$ 、間口を1m大きくすることで $11.749\text{MJ}/\text{m}^2$ 、庇（主開口庇長さ開口高さ比）を1比率大きくすることで $42.484\text{MJ}/\text{m}^2$ が削減できる。なお、負荷を抑制する要素として明らかとなった偏回帰係数の一覧表を Table 6-52 に示す。

これらで特筆すべき点は、両端二面 (●) の住戸タイプにおいては、庇（主開口庇長さ開口高さ比）の比率を大きくすることで、暖房負荷を抑制できることも分かった。具体的には、庇を長くすることや、窓と庇の離隔を短くすることが考えられる。次に、複雑度を小さくするように調整することは、間口を広げたり、奥行を減らしたりすることが考えられる。具体的には、採光計算を優先させるために開口部の前面にある隣棟建物からの影響を避けるため外壁を斜めにすることや、面積調整のために外壁面や界壁に凹凸をつくることで微調整を行う設計は、暖房負荷抑制の側面からは不利に働いていることが分かる。冷房負荷において、奥行間口比を大きくすること、開口率の比率を大きくすること、間口を大きくすること、庇（主開口庇長さ開口高さ比）の比率を大きくすることで、冷房負荷を抑制できることが分かった。なお、冷房負荷は消費エネルギー量の観点から見れば、Fig 1-3 や Fig. 1-4 にあるように暖房負荷の方が冷房負荷よりも消費エネルギー量が1.6から11.4倍も大きいことが分かっているが、暖房負荷と相反する傾向にある複雑度や開口率を調整する際に、冷房負荷が増加しすぎないように BIM などを用いて、複雑度や開口率を見える化しながら設計することが重要である。

連続二面 (△) の住戸タイプにおいては、間口、奥行間口比、開口率などを調整することで、暖冷房負荷の抑制に寄与することが分かった。特に負荷の抑制に寄与する要素は間口や奥行間口比である。暖房負荷を抑制する手法としては、寄与する度合いが強い順に、間口を1m小さくすることで $24.167\text{MJ}/\text{m}^2$ 、奥行間口比を1比率小さくすることで $169.304\text{MJ}/\text{m}^2$ が削減できる。また、間口や奥行間口比に比べると影響は小さいが、開口率を1%大きくすることで $279.305\text{MJ}/\text{m}^2$ が削減できる。冷房負荷を抑制する手法も同様に、寄与する度合いが強い順に、開口率を1%小さくすることで $387.098\text{MJ}/\text{m}^2$ 、住戸表面積を 1m^2 小さくすることで

2.707MJ/m²が削減できる。また、開口率や住戸表面積に比べると影響は小さいが、間口を1m大きくすることで7.258MJ/m²が削減できる。

これらで特筆すべき点は、連続二面(△)の住戸タイプにおいては、間口を小さくすることで暖房負荷抑制に働くことが分かったが、同時に奥行間口比が大きくならないようにBIMなどを用いて奥行間口比を見える化しながら設計することが重要である。また、開口率が大きい方が暖房負荷を抑制できるという傾向は、消費エネルギー量だけでなく、居住性の側面からも良い傾向と考えられる。なお、6地域の南向きの開口部であれば、冬期の日射取得を優先した方が良いと一般的に言われているが、冷房時の日射遮蔽に有効に働き、暖房時の日射取得を阻害しないバルコニーの形状も重要な要因であると考えられる。なお、本研究のTable 6-49の連続二面(△)を見る限り、庇の影響度は大きくないという結果であるものの、この住戸タイプの標本にはすべてに庇が有るため、庇が無くても良いという結論ではない。

三面四面(○)の住戸タイプにおいて、庇、間口などを調整することで暖冷房負荷の抑制に寄与することが分かった。特に負荷の抑制に寄与する要素は、庇や間口である。暖房負荷を抑制する手法としては、寄与する度合いが強い順に、庇(主開口庇長さ開口高さ比)を1比率大きくすることで84.696MJ/m²が削減できる。冷房負荷を抑制する手法も同様に、寄与する度合いが強い順に、間口を1m大きくすることで16.043MJ/m²、庇(主開口庇長さ開口高さ比)を1比率大きくすることで109.423MJ/m²が削減できる。また、間口や庇に比べると影響は小さいが、奥行間口比を1比率大きくすることで28.965MJ/m²が削減できる。

これらで特筆すべき点は、三面四面(○)の住戸タイプにおいては、庇(主開口庇長さ開口高さ比)を中心に、寸法や比率を調整することで暖房負荷の抑制、間口や奥行間口比や庇(主開口庇長さ開口高さ比)、奥行間口比を中心に、寸法や比率を調整することで冷房負荷の抑制に繋がることである。

一面(×)の住戸タイプは、変数や回帰式に有意性が見られず、加えて全ての住戸形状の要素において、暖房と冷房に相反する傾向が見られた。このことから、今回抽出した住戸形状の要素によって、暖冷房負荷の両面を抑制することはできないことが分かったが、住戸形状の要素に、住戸プラン、断面や日射遮蔽部材などを加え、今後データベースを拡充することで、更なる設計のための手法を導きたい。

Table 6-52 南向き住戸における暖冷房負荷に寄与する係数の一覧表

一面 (×) n=48				両端二面 (●) n=106			
暖房負荷		冷房負荷		暖房負荷		冷房負荷	
回帰式精度 P : 0.6511		回帰式精度 P : 0.0025		回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001	
				庇	-102.325	奥行/間口	-27.994
				複雑度	30.590	開口率	-113.935
				開口率	135.972	間口	-11.749
						庇	-42.484
連続二面 (△) n=24				三面四面 (○) n=49			
暖房負荷		冷房負荷		暖房負荷		冷房負荷	
回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001	
間口	24.167	開口率	387.098	庇	-84.696	間口	-16.043
奥行/間口	169.304	住戸表面積	2.707			庇	-109.423
開口率	-279.305	間口	-7.258			奥行/間口	-28.965
専有面積	-1.048	専有面積	-1.091			複雑度	23.314
住戸表面積	-0.839	複雑度	-79.235			開口率	87.216
複雑度	24.079	奥行/間口	-26.742				

* グレーで網掛けしている箇所については、暖冷房負荷を抑制する傾向が相反するもの。

2) 西向き住戸について

(Table 6-50 及び暖房負荷 Table 6-9～6-16、冷房負荷 Table 6-33～6-40)

一面 (×) の住戸タイプにおいては、奥行間口比や住戸表面積を調整することで、暖冷房負荷の抑制に寄与することが分かった。暖房負荷を抑制する手法としては、寄与する度合いが強い順に、奥行間口比については1比率小さくすることで $6.375\text{MJ}/\text{m}^2$ 削減できる。冷房負荷を抑制する手法としては、寄与する度合いが強い順に、住戸表面積については 1m^2 小さくすることで $0.755\text{MJ}/\text{m}^2$ 、専有面積については 1m^2 大きくすることで $0.586\text{MJ}/\text{m}^2$ 削減ができる。なお、負荷を抑制する要素として明らかとなった偏回帰係数の一覧表を Table 6-53 に示す。

これらで特筆すべき点は、一面 (×) の住戸タイプにおいて、奥行間口比を小さくすることで暖房負荷抑制に働くことは、間口を広げたり、奥行を小さくしたりすることに繋がる。間口が狭く奥行きが長い定型化した住戸内平面計画の打開に繋がるのではないかと考えられる。一方で、冷房負荷については、奥行間口比などについては暖房負荷と相反する関係にあり、冷房負荷が過大になりすぎないように BIM などを用いて暖冷房負荷を見える化しながら設計することが重要である。

連続二面 (△) の住戸タイプにおいては、開口率や奥行間口比などを調整することで、暖房負荷の抑制に寄与することが分かった。一方で、専有面積や住戸表面積などを調整することで、冷房負荷の抑制に寄与することが分かった。暖房負荷を抑制する手法としては、寄与する度合いが強い順に、開口率については1%大きくすることで $1225.128\text{MJ}/\text{m}^2$ 、奥行間口比を1比率大きくすることで $707.370\text{MJ}/\text{m}^2$ 削減できる。冷房負荷を抑制する手法としては、寄与する度合いが強い順に、専有面積については 1m^2 大きくすることで $2.435\text{MJ}/\text{m}^2$ 、住戸表面積を 1m^2 小さくすることで $2.122\text{MJ}/\text{m}^2$ 削減ができる。

これらで特筆すべき点は、連続二面 (△) の住戸タイプにおいて、開口率や奥行間口比を調整することが暖房負荷抑制に寄与することである。特に、開口率を大きくすることは居住性の向上にも繋がるため、定型化した住戸内平面計画を打開する手がかりになる可能性がある。開口率については、通風量 (自然対流) によって冷房負荷を減らせることが明らかになっているため、今後は通風量についても住戸内平面計画の要素に追加する必要があると考える。また、開口率については、消費エネルギー量だけでなく、採光といった居住性の側面からの評価も重要であると考えられる。なお、一面 (×) 同様に、冷房負荷については、住戸形状のいずれの要素も暖房負荷と相反する関係にあり、冷房負荷が過大になりすぎないように注意が必要である。

三面四面 (○) の住戸タイプにおいては、奥行間口比や庇などを調整することで、暖冷房負荷の抑制に寄与することが分かった。暖房負荷を抑制する手法としては、寄与する度合いが強い順に、奥行間口比については1比率大きくすることで $83.944\text{MJ}/\text{m}^2$ 、庇 (主開口庇長さ開口高さ比) を1比率小さくすることで $32.479\text{MJ}/\text{m}^2$ 、住戸表面積を 1m^2 大きくすることで、 $0.555\text{MJ}/\text{m}^2$ 削減できる。冷房負荷を抑制する手法としては、寄与する度合いが強い順に、間口を 1m 小さくすることで $14.151\text{MJ}/\text{m}^2$ 、専有面積については 1m^2 大きくすることで $3.079\text{MJ}/\text{m}^2$ 削減ができる。

これらで特筆すべき点は、三面四面（○）の住戸タイプにおいて、奥行間口比や庇（主開口庇長さ開口高さ比）を中心に、寸法や比率を調整することで暖房負荷の抑制に繋がることである。なお、一面（×）や連続二面（△）と同様に、冷房負荷については、住戸形状のいずれの要素も暖房負荷と相反する関係にあり、冷房負荷が過大になりすぎないように注意が必要である。

両端二面（●）の住戸タイプにおいては、標本数が10と少ないことが要因のひとつと考えられるが、暖房負荷の変数や暖冷房負荷の回帰式に有意性が見られなかった。南向きや東向き住戸の両端二面（●）の住戸タイプは、消費エネルギー量削減の傾向が見出せているため、今後のデータベースを拡充によって、設計のためのベンチマークを導き出したい。

Table 6-53 西向き住戸における暖冷房負荷に寄与する係数の一覧表

一面（×） n=125				両端二面（●） n=10			
暖房負荷		冷房負荷		暖房負荷		冷房負荷	
回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P : 0.1276		回帰式精度 P : 0.0028	
奥行/間口	6.375	住戸表面積	0.755				
		専有面積	-0.586				
		複雑度	4.056				
		奥行/間口	-8.558				
連続二面（△） n=73				三面四面（○） n=31			
暖房負荷		冷房負荷		暖房負荷		冷房負荷	
回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001	
開口率	-1225.128	専有面積	-2.435	奥行/間口	-83.944	間口	14.151
奥行/間口	-707.370	住戸表面積	2.122	庇	32.479	専有面積	-3.079
庇	76.573	間口	8.922	住戸表面積	-0.555	奥行/間口	31.600
複雑度	33.748	複雑度	-30.420			庇	42.798
間口	-17.585	奥行/間口	132.763			開口率	107.633
住戸表面積	-1.378	庇	-33.083			住戸表面積	0.363
		開口率	95.883				

* グレーで網掛けしている箇所については、暖冷房負荷を抑制する傾向が相反するもの。

3) 東向き住戸について

(Table 6-51 及び暖房負荷 Table 6-17~6-24、冷房負荷 Table 6-41~6-48)

一面 (×) の住戸タイプにおいては、間口や専有面積、開口率、奥行間口比などを調整することで、暖冷房負荷の抑制に寄与することが分かった。暖房負荷を抑制する手法としては、寄与する度合いが強い順に、間口を小さくすることで、 $36.834\text{MJ}/\text{m}^2$ 、専有面積については大きくすることで $4.767\text{MJ}/\text{m}^2$ 削減できる。冷房負荷を抑制する手法としては、寄与する度合いが強い順に、間口を大きくすることで $12.272\text{MJ}/\text{m}^2$ 、奥行間口比については大きくすることで $40.51\text{MJ}/\text{m}^2$ 削減ができる。なお、負荷を抑制する要素として明らかとなった偏回帰係数の一覧表を Table 6-54 に示す。

これらで特筆すべき点は、一面 (×) の住戸タイプにおいて、Table 6-54 にあるように専有面積を大きく、開口率を大きく、奥行間口比を小さくする方が暖房負荷を抑制できることは、専有面積や窓面積を増やすことや奥行を小さくするような調整をすることになり、定型化した住戸内平面計画の打開に繋がるのではないかと考えられる。冷房負荷については、いずれの住戸形状の要素も暖房負荷と相反する関係にあり、冷房負荷が過大になりすぎないように設計することが重要である。

両端二面 (●) の住戸タイプにおいては、複雑度や開口率を調整することで、暖房負荷の抑制に寄与することが分かった。庇や専有面積を調整することで、冷房負荷の抑制に寄与することが分かった。暖房負荷を抑制する手法としては、複雑度を1度減らすことで $58.982\text{MJ}/\text{m}^2$ 、開口率を1%減らすことで $225.123\text{MJ}/\text{m}^2$ が削減できる。冷房負荷を抑制する手法としては、寄与する度合いが強い順に、庇 (主開口庇長さ開口高さ比) を1比率大きくすることで $119.426\text{MJ}/\text{m}^2$ 、専有面積を 1m^2 減らすことで $1.787\text{MJ}/\text{m}^2$ が削減できる。

これらで特筆すべき点は、庇 (主開口庇長さ開口高さ比) については冷房負荷と相反する関係にあり、冷房負荷が過大になりすぎないように BIM などを用いて暖冷房負荷を見える化しながら設計することが重要である。

三面四面 (○) の住戸タイプにおいては、庇や奥行間口比などを調整することで、暖房負荷の抑制に寄与することが分かった。奥行間口比や間口などを調整することで、冷房負荷の抑制に寄与することが分かった。暖房負荷を抑制する手法としては、庇 (主開口庇長さ開口高さ比) を1比率大きくすることで $313.906\text{MJ}/\text{m}^2$ 、奥行間口比を小さくすることで $116.888\text{MJ}/\text{m}^2$ 削減できる。冷房負荷を抑制する手法としては、奥行間口比を1比率大きくすることで $39.422\text{MJ}/\text{m}^2$ 、間口を1m大きくすることで $3.357\text{MJ}/\text{m}^2$ 削減できる。

これらで特筆すべき点は、暖房負荷を抑制できる手法として、庇 (主開口庇長さ開口高さ比) の比率を大きくすることである。具体的には、庇を長くすることや、窓と庇の離隔を短くすることが考えられる。その他に、庇や奥行間口比などについては、冷房負荷と相反する関係にあり、冷房負荷が過大になりすぎないように設計することが重要である。

連続二面 (△) の住戸タイプにおいては、変数に有意性が見られなかった。このことから、今回抽出した住戸形状の要素によって、暖冷房負荷の両面を抑制することはできないことが

分かったが、住戸形状の要素に、住戸プラン、断面や日射遮蔽部材などを加え、今後データベースを拡充することで、更なる設計のための手法を導きたい。

Table 6-54 東向き住戸における暖冷房負荷に寄与する係数の一覧表

一面 (×) n=110				両端二面 (●) n=38			
暖房負荷		冷房負荷		暖房負荷		冷房負荷	
回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001	
間口	36.834	間口	-12.272	複雑度	58.982	庇	-119.426
専有面積	-4.767	奥行/間口	-40.510	開口率	225.123	専有面積	1.787
開口率	-424.658	開口率	104.705			間口	-25.718
奥行/間口	87.704	専有面積	0.952			複雑度	-21.262
住戸表面積	1.514	複雑度	7.001			開口率	111.301
複雑度	-20.688						
連続二面 (△) n=43				三面四面 (○) n=45			
暖房負荷		冷房負荷		暖房負荷		冷房負荷	
回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001		回帰式精度 P < 0.001	
				庇	-313.906	奥行/間口	-39.422
				奥行/間口	116.888	間口	-3.357
				専有面積	-3.549	専有面積	0.770
				住戸表面積	2.279	開口率	-64.751
				開口率	330.756		
				複雑度	-41.421		

* グレーで網掛けしている箇所については、暖冷房負荷を抑制する傾向が相反するもの。

6. 5. 結論

本章から以下の知見と課題が得られた。

- 1) 方位と開放面数を組み合わせた住戸タイプごとに傾向が明確に異なることが分かった。
- 2) 暖房と冷房を比較した際 (Table 6-49 から 6-51) に、暖房負荷が削減できても冷房負荷が増加するといった、相反する関係に有る住戸形状の要素が多いことが分かった。消費エネルギー量の観点から見れば、Fig 1-3 や Fig. 1-4 にあるように暖房負荷の方が冷房負荷よりも消費エネルギー量が 1.6 から 11.4 倍も大きく、住戸内平面計画により消費エネルギー量を削減させるならば、暖房負荷削減を優先させることもひとつの考え方と考えられる。しかし、例えば一日の室温を見ると、冷房時の 16 時頃にオーバーヒートを助長する傾向となることも否定できないため、冷房負荷が過大になりすぎないように設計することが重要である。
- 3) 南向き住戸について (Table 6-52) は、一面 (×) の住戸タイプを除き、住戸形状の要素により暖冷房負荷の消費エネルギー量を削減できることが分かった。
- 4) 西向き住戸について (Table 6-53) は、両端二面 (●) の住戸タイプを除き、住戸形状の要素により暖房負荷の消費エネルギー量を削減できることが分かった。両端二面 (●) の住戸タイプは標本数が少ないことから、重回帰のモデル式が不安定な結果となったため、今後のデータベースの拡充が課題である。
- 5) 東向き住戸について (Table 6-54) は、連続二面 (△) の住戸タイプを除き、住戸形状の要素により暖房負荷の消費エネルギー量を削減できることが分かった。
- 6) 住戸形状の要素同士の関係について、一方の住戸形状の要素 (例えば、間口を大きくすることで) によって負荷抑制に寄与することが分かったが、同時に他の住戸形状の要素 (例えば、開口率が大きくなりすぎてはいけないこと) が連動する住戸タイプがあることが分かった。このように同時に複数の指標を確認しながら設計するためには、BIM のような同時に多変数が扱える方法を用いなければならないと考えられる。
- 7) 住戸平面形状複雑度指数について、標本全体における最頻値は間口としては狭い 6.2m であり、定型 3LDK の特徴でもある狭い間口が、必ずしも消費エネルギー量削減に繋がっていないことが分かった。例えば、南向き・両端二面 (●) は、複雑度の度数を小さくするために、間口を大きくする操作が暖房負荷を抑制できることが分かった。その他にも、奥行間口比の比率を大きくすることで、間口を大きくすることでも達成できる住戸タイプがあることも分かった。今までは、住戸数を多くするために間口をできるだけ小さくすることが求められてきた。今後は、新築の大量建設は必要とされない状況にあり、住戸数を多くすることよりも、快適性と省エネルギー性能の両立を設計の方針とすることが予想される。また、既存の建物を快適性と省エネルギー性能の面から再評価することで、適切な改修を行うことも重要となる。そのような状況から、間口が大きい住戸が再評価されることが期待される。
- 8) 開口率について、開口率が大きい方が暖房負荷を抑制できる傾向の住戸タイプがあること

が分かった。具体的には、南向き・連続二面（△）、西向き・連続二面（△）や東向き・一面（×）である。この傾向は、消費エネルギー量だけでなく、居住性の側面からも良い傾向と考えられる。

- 9) 主開口庇長さ開口高さ比について、庇を長くすることや窓と庇の離隔を短くすることで暖冷房負荷の抑制に寄与する住戸タイプがあり、南向き住戸・両端二面（●）及び三面四面（○）、東向き住戸・三面四面（○）については寄与することが分かった。

7章 結

7. 1. 研究の結論

首都圏の分譲マンションから、建築デザインに反映可能な住戸形状の要素を抽出し、さらに立地や住戸プランといった実状のままシミュレーションを行い、それらを統合したデータベースにより、以下のことが明らかとなった。

- 1) 定型化された住戸内平面計画の解消を目的に書かれた既往研究に挙げられた要素と、消費エネルギー量の削減の条件に対応する要素より、それぞれに合致する要素は、7つの「住戸形状」の要素と3つの「外的条件」に分類できた。具体的には、7つの「住戸形状」の要素は、専有面積、住戸表面積、住戸平面形状複雑度指数、間口、奥行間口比、開口率、主開口庇長さ開口高さ比。3つの「外的条件」は、方位、開放面数、隣棟建物である。なお、「住戸形状」の要素とは、住戸内平面計画の設計時に取り扱える要素とし、「外的条件」とは、住戸内平面計画の設計時に取り扱えない要素としている。
- 2) 全調査対象(2,229戸)の妥当性を検証し、昨今の分譲マンションの建設状況と統計的な条件の両面から見て、有益な示唆が得られるものであると確認した。なお、全調査対象の中から住戸数の多い3LDK(1,603戸)を本研究の標本とした。
- 3) 住戸形状の要素から見た標本(1,603戸)について、要素の中には、一部に寸法や比率にばらつきが大きいものがあるが、各要素の寸法や比率、形状を変化させることで、暖冷房負荷の抑制を検討する余地が有るのではないかと予測できた。外的条件から見た標本(1,603戸)について、半数近くが隣棟建物による影の影響が有ることが分かった。外的条件を揃えた標本(702戸)の概要から、標本のばらつきを抑えるために隣棟建物の影響が無い住戸に限定し、方位及び開放面数別に標本数を確認したが、北向きを除き、どの住戸タイプにおいても一定以上の標本数が有ることが分かった。
- 4) 3LDKの標本(1,603戸)により暖房負荷の相関係数と傾向が近い断熱に係る設計指標は q 値であることが分かった。しかし、 q 値に比べ、暖房負荷を抑制する住戸形状の要素が少ない。そこで、さらに外的条件を揃えて分析を進める必要があることが分かった。外的条件を揃えた標本(702戸)により、住戸の開放面数と方位の組み合わせ(住戸タイプ)によっては、 q 値に関わらず暖房負荷を抑制できる特定の住戸タイプがあることが分かったことから、住戸形状の要素により、暖房負荷を抑制できることが把握できた。特に、住戸形状の要素「開口率」については、暖房負荷を抑制する影響度が高いと推察される。
- 5) 3LDKの標本(1,603戸)により冷房負荷の相関係数と傾向が近い断熱に係る設計指標は m_c 値であることが分かった。しかし、 m_c 値に比べ、冷房負荷を抑制する住戸形状の要素が少ない。そこで、さらに外的条件を揃えて分析を進める必要があることが分かった。外的条件を揃えた標本(702戸)により、住戸タイプによっては、 m_c 値に関わらず冷房負荷を抑制できる特定の住戸タイプがあることが分かったことから、住戸形状の要素により、冷房負荷を抑制できることが把握できた。特に、住戸形状の要素「庇」や「開口率」

については、冷房負荷を抑制する影響度が高いと推察される。

作成したデータベースに基づき、住戸内平面計画の各要素の寸法や比率、形状を変化させることで、どのくらい消費エネルギー量を削減できるかについては、以下のことが明らかになった。

- 6) 方位ごとや開放面数ごとではなく、方位と開放面数の組合せ（住戸タイプ）ごとに傾向が明確に異なることが分かった。
- 7) 暖房と冷房を比較し、暖房負荷が削減できても冷房負荷が増加するといった、相反する関係に有る住戸形状の要素が有ることが分かった。
消費エネルギー量の観点から見れば、冷房に比べ暖房の方が大きく、暖房を優先させることで年間負荷については問題ないと思われる。しかし、オーバーヒートを助長させてしまう可能性に留意する必要がある。
- 8) 南向き住戸については、一面（×）を除き、住戸内平面計画により暖冷房負荷の消費エネルギー量を削減できることが分かった。
西向き住戸については、両端二面（●）の住戸タイプを除き、住戸形状の要素により暖房負荷の消費エネルギー量を削減できることが分かった。
東向き住戸については、連続二面（△）の住戸タイプを除き、住戸形状の要素により暖房負荷の消費エネルギー量を削減できることが分かった。
- 9) 住戸形状の要素同士の関係について、一方の住戸形状の要素によって負荷抑制に寄与することが分かったが、同時に他の住戸形状の要素が連動する住戸タイプが有ることが分かった。このように同時に複数の指標を確認しながら設計するためには、BIMのような同時に多変数が扱える方法を用いなければならないと考えられる。
- 10) 住戸形状の要素別に見ると、複雑度について、定型3LDKの特徴でもある間口が狭い方が、必ずしも暖房負荷の抑制に繋がっていないことが分かった。開口率について、開口率が大きい方が暖房負荷を抑制できる住戸タイプがあることが分かった。主開口庇長さ開口高さ比について、暖房負荷を抑制できる住戸タイプがあることが分かった。

本研究では、明らかにできなかったが、今後の課題として以下のようなことが考えられる。

- 12) 開口率に関係する今後の課題としては、ガラスや枠の性能が今後も上がっていくことが想定されるが、特に我が国では枠がアルミで構成されていることが多く、ガラスに比べて断熱性能が著しく低い。開口率に含まれる枠の割合と性能についても、データベースに追加する必要性が考えられる。その他に、省エネ法の届出においても評価対象となっている通風量も要素として挙げられ、通風量の増加により冷房負荷を減らせることが明らかになっている。加えて、高断熱高气密の弊害として、オーバーヒートやVOCの適切な排出経路などが顕在化すると言われているため、通風量や自然対流についてもデータベースに

追加する必要性が考えられる。また、開口率については、消費エネルギー量だけでなく、採光といった居住性の側面からの評価も重要であると考ええる。

- 13) 底に関係する今後の課題として、省エネ法では開口部直上の庇しか対象としないが、バルコニーの手摺や、袖壁、柱型なども日射遮蔽部材として重要な要素であるため、開口部回りの日射遮蔽部材については、データベースの再検討の必要があることが挙げられる。
- 14) データベースに追加すべき要素として、住戸プランや断面が想定される。
- 15) 今後の課題として、ライフスタイルについて挙げるができる。本研究では省エネ法で間欠運転と同様のライフスタイルに基づき、暖冷房の ON・OFF スケジュールを組んだ。しかし、昨今のヒートポンプ技術の著しい向上や、高气密高断熱の住戸が増加する傾向にある中で、必ずしも間欠運転だけが省エネルギー量を削減するライフスタイルとは言えない。今後は、連続運転を想定したデータベースの作成も行い、間欠運転との比較検討を行い、相反する関係にあるものが無いかを確認する必要があると考ええる。

7. 2. 提案と展望

本節では、本研究によって住戸内平面計画にどのような変化をもたらすことができるか一例を示す。改善前の住戸タイプは Fig. 7-1 に示す。この住戸タイプは標本に含まれている南向き・両端二面 (●) である。この住戸タイプは、前章により庇の比率を大きくし、複雑度を減らし、開口率の比率を小さくしていくことで暖房負荷が減らせることが明らかとなった。そこで、同時に複数の説明変数 (専有面積など) を扱えるように、住戸プランを修正すると目的変数 (暖冷房負荷) がどの程度改善できるか明らかとなる簡易モデルを生成できるプログラムを作成し検証した結果、改善されることが分かった。一例を Fig. 7-2 と Table 7-1 に示す。

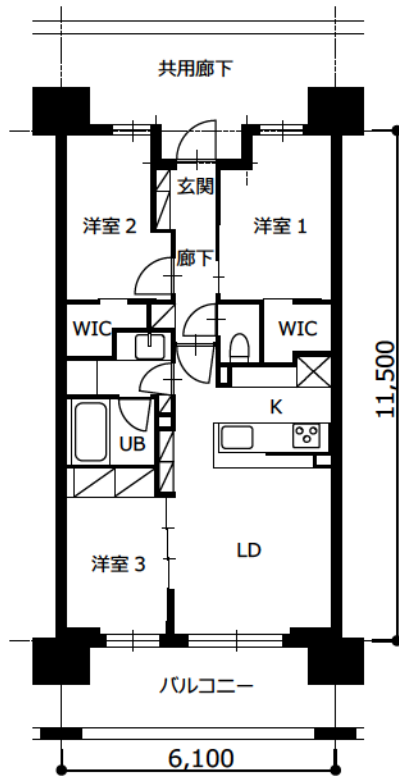


Fig. 7-1 標本に含まれる 3LDK (南向き・両端二面)

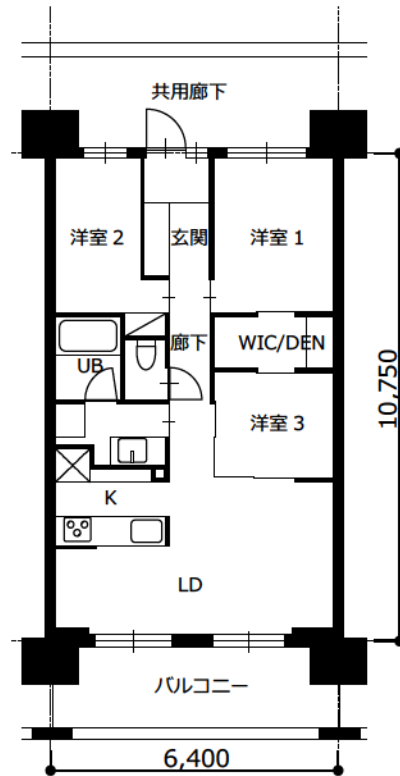


Fig. 7-2 標本に含まれる 3LDK (南向き・両端二面) を改善した一例

この例では、Table 7-1 に示す通り、複雑度を小さくするため、玄関回りの壁を直線にし、間口を 0.3m ひろげ、奥行を 0.75m 短くした。さらに、庇の奥行を 0.1m 長くし、窓上端から庇の離隔を 0.1m 短くした。その結果、年間の暖冷房負荷が 966MJ 削減できる。これは、光熱費におきかえれば約 3,000 円/年 (30 円/kwh)、CO₂ 排出量は約 0.3 t・CO₂/年 (0.486 kgCO₂/kwh) の削減効果がある。このようにして、住戸内平面計画により消費エネルギー量を削減できることが示された。住戸単体では小さな試みではあるが、分譲マンションの建設が多いことを鑑みれば、消費エネルギーの削減の効果は大きいものであり、集合住宅の住戸計画を変えるきっかけになる可能性があると考えられる。

Table 7-1 変更した住戸形状の要素と消費エネルギー量の一覧表

	改善前	改善後
専有面積 (㎡)	68.75	68.8
間口 (m)	6.1	6.4
奥行 (m)	11.5	10.75
住戸平面形状複雑度指数	4.77	4.38
底奥行 (m)	2.0	2.1
窓上端から底の離隔 (m)	0.85	0.75
主開口底長さ開口高さ比	0.66	0.71
年間負荷削減量 (MJ)	-	△966

続けて、消費エネルギー量を削減した結果、住戸内平面計画 (Fig. 7-2) にどのような影響があるか詳しく述べる。まず、この住戸内平面計画は専有面積が同等となるように調整している。その前提で、住戸平面形状複雑度指数を減らすために、2つの工夫をしている。一つ目は間口をひろげ、奥行を減らしている。間口と奥行の関係については、専有面積を維持しながらも、さらに間口を広げる調整方法においても消費エネルギー量の削減に繋がることも確認できたが、Fig. 7-2の提案では、わずかな調整でも消費エネルギー量の削減の効果があること示す考え方としている。二つ目は玄関周りのクランクを直線としたことも複雑度の減少に寄与している。住戸内平面計画の工夫として、プライバシーに配慮しているとも考えられるが、ヒアリング調査によると容積率を消化するために、洋室1や2の外壁を調整することで、面積調整することがあると確認できた。しかし、その調整が南向き・両端二面の住戸タイプにおいては、消費エネルギー量の増加につながっていることが分かった。間口をひろげたことにより住戸内平面計画のバリエーションが増えることを示すため、水回りを片側に集約し、WIC/DENを介し洋室1から洋室3までを連続空間とする住戸内平面計画とした。このことから、時間軸の多様性にも応えられる提案としている。さらに、高断熱化されていれば玄関も暖かいため、作業できる土間空間をイメージし、幅にゆとりをもたせており、この寸法であればユニバーサル対応プランとしても説明可能である。この一例からも、同程度の専有面積でありながら、間口を少し広げ奥行を少し短くするといった調整により、住戸内平面計画のバリエーションが増えることが分かる。なお、住戸プランについて提案を行っているが、住戸プランの調整が寄与して消費エネルギー量がどの程度変化するかについては、住戸形状の要素に住戸プランの要素を追加して検討する必要があるため、今後の課題としたい。次に、主開口底長さ開口高さ比を増やすために、2つの工夫をしている。一つ目は底の奥行を長くした。二つ目は窓上端から底の離隔を短くしている。なお、いずれの調整も独立した調整であっても、消費エネルギー量の削減に寄与することが分かった。

その他に、高断熱高气密によって引き起こされる新たな問題も同時に解決できる可能性が、消費エネルギー量を削減する住戸内平面計画にあることを述べておきたい。それは、冬期にも起きてしまうオーバーヒートの抑制、輸入家具などに含まれるVOCなどの汚染物質の排出、カビ発

生の抑制などである。これらは、高断熱高気密であることから、熱が逃げにくいことに起因している。さらに、24時間換気の義務化（2003年）から15年ほどしか経過しておらず、24時間換気に対応できていない住戸がストックに占める割合は多く、改修されて高断熱化が進むと、顕在化してくる問題である。それらに潜在している問題は、機械換気だけで必ずしも解決できるものではなく、住人（利用者）のための建築を考えるならば、機械換気と同時に自然換気（自然対流）を選択できるような建築デザインによって解決すべき問題と考える。Fig. 7-2の住戸内平面図は、洋室1と3が繋がるようなWIC/DENとすることで、通風の経路を廊下に加え複線化しており自然換気（自然対流）が行われやすい構造となっている。さらには、天井の操作による断面的な工夫や、建具の工夫なども組み合わせた建築デザインによって、統合的に解決すべき余地が平面や断面も含めた住戸計画に多く残っている。

最後に、本研究の個人的な目的をここで述べたい。躯体の高断熱高気密化や機器の高効率化を達成することで消費エネルギー量の削減は可能であるが、解決策がそれらに留まると、消費エネルギー量の削減が、いつまでも建築計画やデザインの本質的な問題として扱われないままとなる危機感がある。消費エネルギー量を建築デザインによって削減できることが明らかとなれば、意匠設計者も含めた設計者全体の取り組みとして展開できるのではないかという思惑があり、この研究をはじめた。今後は、集合住宅については、住戸プランや断面、日射遮蔽部材などの要素を追加し、消費エネルギー量を削減するための住戸計画を導きたい。また、同様の研究手法を用いて、他の建築タイプも研究対象にしていきたい。

謝辞

本研究をまとめるにあたり、多くの方にご指導、ご助言を頂きました。

日本大学の佐藤慎也教授には、本論文に至るまでの5年の間に研究への取り組み方から始まり、本論文の構成や内容に留まらず、仔細にわたり多大なるご指導賜りましたこと、心より感謝申し上げます。日本大学の重枝豊教授には、研究者や教育者としての姿勢から、本研究の可能性や限界に至るまでご指導賜りましたことに、心より感謝申し上げます。首都大学東京の小泉雅夫教授には、環境的なアプローチの設計の課題や、建築計画と設計の接点など、研究の可能性を拡げる示唆を頂いたことに、心より感謝申し上げます。

本研究のデータベース作成にあたって、3章では平生進一氏をはじめとするメック eco ライフの皆さまには実務でお忙しいなかにもありながらも情報提供にご協力頂き、また研究の方針にも賛同頂いたことに厚く御礼申し上げます。また、2,229戸という膨大な数をデータ化する作業に、建築計画研究室の多くの院生や学部生に手伝ってもらうことで揃えることができたことにも、厚く御礼申し上げます。4章5章のシミュレーションにあたっては、同じ研究室出身であり建築設計の実務を行っている佐々木亜美氏、建築計画研究室出身の田崎敦士氏を中心に大変多くの方々にサポートしていただき、更にはシミュレーションを円滑に進めるためのプロセス、結果の妥当性の検証や研究の方針に助言を頂いたことに厚く御礼申し上げます。6章では日建設計の横瀬元彦氏や武蔵大学の森永雄太教授に、分析の方針や結果の妥当性についてご助言頂いたことに厚く御礼申し上げます。

また、高宮真介先生、飯田善彦氏には、多くの励ましを頂いた。心より感謝申し上げます。

最後に、本研究の完成まで暖かく見守っていただいた、全ての友人・先輩・後輩たちに感謝いたします。

2018年4月

二瓶 士門

研究歴

1. 審査付論文

- 1) 二瓶 土門, 佐藤 慎也, 平生 進一: 外皮平均熱貫流率及び暖房負荷のデータベースの作成と分析例 温熱環境に配慮した分譲マンションの住戸計画に関する基礎的研究, 日本建築学会計画系論文集, 第 717 号, pp. 2429-2437, 2015. 11
- 2) 二瓶 土門, 佐藤 慎也, 平生 進一, 田崎 敦士: 住戸計画と冷房負荷の関係を把握するためのデータベース作成と分析例 温熱環境に配慮した分譲マンションの住戸計画に関する基礎的研究 その 2, 日本建築学会計画系論文集, 第 747 号, pp. 821-831, 2018. 05

2. 口頭発表

- 1) 田崎 敦士, 二瓶 土門, 佐藤 慎也: 美術館の展示室における光環境に関する研究 コンピュータシミュレーションによる採光手法の考察, 日本建築学会大会学術講演会・建築デザイン発表会, pp. 81-82, 2015. 09
- 2) 二瓶 土門, 田崎 敦士: 集合住宅における住戸の改修提案 環境的な設計アプローチを通して, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 192-193, 2016. 08
- 3) 二瓶 土門, 子安 誠, 佐藤 務, 村上 剛志, 隈部 祐樹: 集合住宅における床チャンバー方式の冷暖房・換気システムに関する研究 (その 1) 空調システムと実証試験住戸の概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 837-838, 2017. 07
- 4) 二瓶 土門, 子安 誠, 佐藤 務, 村上 剛志, 隈部 祐樹: 集合住宅における床チャンバー方式の冷暖房・換気システムに関する研究 (その 2) 空調システムと実証試験住戸の概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2018. 07
- 5) 村上 剛志, 柳 宇, 子安 誠, 佐藤 務, 二瓶 土門: 集合住宅における床チャンバー方式の冷暖房・換気システムに関する研究 (その 3) : 空調システムと実証試験住戸の概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 2018. 07

3. その他

■報告・小論

- 1) 張欣, 劉域, 二瓶 土門: 深さと若さ 中国のディベロッパーから見た日本, 建築雑誌 JABS, Vol.121, pp. 20-21, 2006. 12
- 2) 鄭波, 二瓶 土門: 今日の中国都市計画, 特集=都市の危機/都市の再生—アーバニズムは可能か? 10+1 INAX 出版, No.45, pp. 87-94, 2006. 12
- 3) 二瓶 土門: パークハウス吉祥寺 OIKOS 設計主旨, 近代建築, pp. 102-105, 2011. 01

- 4) 二瓶 士門: パークハウス吉祥寺 OIKOS 住環境を含めた環境配慮のメニュー/集合住宅の本質に戻る, 新建築, pp. 89-97, 2011. 02
- 5) 二瓶 士門: 新小岩の家 生活を支えるコアと外皮, 新建築 住宅特集, pp. 98-105, 2012. 04
- 6) 二瓶 士門: これからの生活のための集合住宅のデザイン, IBEC No.194, 建築環境・省エネルギー機構, pp. 12-15, 2013.01

■設計作品

- 1) 曾我部 昌史, 田中 皇彦, 二瓶 士門 他4名, 大地の芸術祭妻有トリエンナーレ「十日町×十日町」, 2003.07
- 2) 二瓶 士門, 志水 正典, 白金台と大手町のインテリア, 2004.03
- 3) 佐藤 慎也, 二瓶 士門, 他5名, 「NU 建築展」, 2004.06
- 4) 佐藤 慎也, 二瓶 士門, 「tkmy.net」, 2004.07
- 5) 飯田 善彦, 二瓶 士門, パークハウス吉祥寺 OIKOS, 2010.10
- 6) 飯田 善彦, 二瓶 士門, 新小岩の家, 2010.12
- 7) 飯田 善彦, 二瓶 士門, 新潟高田の家, 2011.10
- 8) 二瓶 士門, 夙川の離れ, 2013.04
- 9) 二瓶 士門, 佐々木 亜美, 他4名, 本郷の家, 2014.05
- 10) 二瓶 士門, 佐々木 亜美, 他2名, 北谷のブルワリー, 2015.08
- 11) 二瓶 士門, 佐々木 亜美, 他2名, 練馬の家, 2015.12

■設計協力作品

- 1) 古澤 大輔, 黒川 泰孝, 二瓶 士門, 田崎 敦士, 十条の集合住宅, 2016.04
- 2) 内野 智之, 二瓶 士門, 佐々木 亜美, 田崎 敦士, 浦和の家, 2016.12
- 3) 長瀬 徳之, 相澤佳代子, 二瓶 士門, 田崎 敦士, 西麻布の改修, 2016.12
- 4) 立花 美緒, 佐々木 亜美, 二瓶 士門, 蝶番の家, 2017.05

■設計作品掲載

- 1) 曾我部 昌史, 田中 皇彦, 二瓶 士門 他5名, 大地の芸術祭妻有トリエンナーレ「十日町×十日町」, 新建築, pp.216-217, 2003. 06
- 2) 佐藤 慎也, 二瓶 士門, 他5名, 「NU 建築展」, 新建築, pp.31, 2004. 08
- 3) 飯田 善彦, 二瓶 士門: パークハウス吉祥寺 OIKOS, 近代建築, pp. 102-105, 2011. 01
- 4) 飯田 善彦, 二瓶 士門: パークハウス吉祥寺 OIKOS, 新建築, pp. 89-97, 2011. 02
- 5) 飯田 善彦, 二瓶 士門: 新小岩の家, 新建築 住宅特集, pp. 98-105, 2012. 04
- 6) 飯田 善彦, 二瓶 士門: 新潟高田の家, 新建築 住宅特集, pp.46-53, 2012. 12

■展示協力作品

- 1) 赤坂 知也, 大竹 敦人, Nicaf Video Documentary 「乳化景」制作メンバー, 2001.
- 2) 齊藤 裕, 原弘賞受賞記念「紙の茶室」製作メンバー, 2001
- 3) 安藤 忠雄研究室, 「ルイス・バラガン展」製作メンバー, 2002
- 4) 中村 政人, 釜山ビエンナーレ, ディテールスタディ, 2004
- 5) ギャラリー間 20 周年記念展 日本の現代住宅 1985-2005, 製作メンバー, 2005

■出展

- 1) 芸大都立大日大合同講評会 JIA, 2002

■設計競技応募作品

- 1) 二瓶 士門, 志水 正典, 大前 多恵子, 代官山インスタレーション 03「ヒルサイドスクランブル」, 2003.11
- 2) 高宮 眞介, 佐藤 慎也, 二瓶 士門, 他 14 名, 安中環境アートフォーラム国際設計提案競技, 2003.07
- 3) 二瓶 士門, 他 5 名 ちよだシティアート 2003「ピースメッセージを灯ろう」, 2003.08
- 4) 佐藤 慎也, 二瓶 士門, 他 5 名, これからの八代のための「新しい商店街の使い方」, 2004.12
- 5) 飯田 善彦, 二瓶 士門, 渡辺 文隆, 仏フォルシア社指名設計提案競技, 2005.04
- 6) 高宮 眞介, 佐藤 慎也, 二瓶 士門, 他 14 名, 安中環境アートフォーラム国際設計提案競技, 2005.11
- 7) 二瓶 士門, 田崎 敦士, 他 2 名, 神戸市役所 1 号館 1 階市民ロビー改装設計業務委託事業者募集, 2016.10
- 8) 二瓶 士門, 田崎 敦士, 他 2 名, 西ノ島町コミュニティ図書館プロポーザル, 2016.11
- 9) 古澤 大輔, 二瓶 士門, 大野 博史, 柿沼 整三, 他 8 名, 八戸市新美術館建設工事設計者選定プロポーザル, 2017.02

■インタビュー

- 1) 外断熱に床下空調 三菱地所のエコマンション, 日経アーキテクチャ日経 BP 社, 2011.03
- 2) 熱利用を徹底したエコマンション 節電・創エネ住宅がわかる, 日経 BP 社, 2011.12
- 3) 空調負荷低減とデザインの両立 マンションの販売促進にも利用 日経アーキテクチャ, 日経 BP 社, 2015.06
- 4) 室内の温熱シミュレーション マンション改修でも威力, 日本経済新聞, 2015.09
- 5) 省エネ設計、いざ本番 コストかけぬデザイン模索, 日本経済新聞, 2015.10
- 6) 街の魅力とワークスタイルで、オフィスを選ぶ, REWORK (三菱地所レジデンス), 2018.01

■シンポジウム

- 1) 建築を疑え 建築文化週間 パネリスト 日本建築学会, 2001.06
- 2) ポートフォリオレビュー 司会 学生設計優秀作品展 レモン画翠, 2017.05
- 3) BELS によって家づくりはどう変わる パネリスト HEAD 研究会, 2017.09

■卒業設計、修士設計

- 1) 都市礼賛 西日暮里駅前における再開発事業のカウンタープロジェクト, 2004.01
- 2) 多摩ニュータウン縮小計画 諏訪二丁目団地の再生を通して, 2006.02

■受賞

- 1) 平成 21 年度 (第 2 回) 住宅・建築物省CO2 推進モデル事業の評価(全般部門) パークハウス吉祥寺 OIKOS 受賞者 設計者として, 2009.11
- 2) グッドデザイン賞 パークハウス吉祥寺 OIKOS 受賞者 デザイナーとして, 2011.11
- 3) 公益社団法人日本不動産学会 業績賞 パークハウス吉祥寺 OIKOS 受賞者 設計者として, 2011.11
- 4) グッドデザイン賞ベスト100、及び特別賞 マンションのランニングコストの見える化 受賞者 ディレクターとして, 2015.07
- 5) 「八戸市新美術館建設工事基本設計業務委託」に係る公募型プロポーザルの実施 優秀者 意匠担当主任技術者として, 2017.02
- 6) グッドデザイン賞 空気の価値化とマンションブランド構築戦略 住戸ごとにクリーン・快適・省エネな室内空気環境をシンプルな構造と機器で提供する「新マンションエアロテック」技術によるマンションブランド戦略 受賞者 デザイナーとして, 2017.07

以上