

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 21 日現在

機関番号：21401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25630240

研究課題名(和文)意思決定を支援する住宅環境ライフサイクルインパクト統合システムの開発

研究課題名(英文)Development of House Environment Life-cycle Impact Organizing System to Support Design Decision-Making

研究代表者

浅野 耕一 (Asano, Koichi)

秋田県立大学・システム科学技術学部・准教授

研究者番号：70336444

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では戸建住宅を対象に、居住者への影響を総合的に評価できるLCAツールを開発した。まず、個人の住宅設計上の意思決定情報に関してヒアリング調査を行った。次に、全国を対象にアンケート調査を行い、その結果をもとに運用段階でのエネルギー消費量の推定方法を検討した。最後に、システムの仕様に対する検討と実装を行った。内部費用(直接的にかかった費用)は、日本建築学会の戸建住宅用LCAツールをもとに算出するようにした。被害算定型とするため人間健康の影響を加えた。熱負荷はシミュレーションプログラムと連動させた。特定システムに依存させないよう、インターネット上で動作する仕様とした。

研究成果の概要(英文)：Some tools for calculating CO2 emissions have been developed for housing Life Cycle Assessment (LCA). However, these present tools are hard to assess a direct impact of resident such as health risk and amenity. It is considered that the tool that can assess the direct impact of residents can be helpful in checking up the cost-effectiveness on a personal level during the housing design. In this study, we propose a new LCA tool experimentally that is based on the idea of Life-cycle Impact assessment Method using by Endpoint modeling (LIME) developed by The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST). The objects of full cost accounting include direct private costs and indirect private costs. The LCA tool has a function of displaying calculation results as amounts of direct and indirect private costs and social costs after inputting housing conditions and lifestyle demands.

研究分野：建築学

キーワード：ライフサイクルアセスメント 戸建住宅 住宅設計 省エネルギー 人間健康 被害算定型 フルコスト評価 ウェブアプリケーション

1. 研究開始当初の背景

現在、住宅のライフサイクルアセスメント(LCA)を行うツールは、主に地球環境への影響の検討を目的にCO<sub>2</sub>排出量等を算出するものが多い。もし、建物の安全性、快適性等の居住者への直接的影響も総合的に評価できれば、個人レベルで費用対効果を検討でき、住宅設計の初期段階で、設計者やクライアントが設計の方向性を決定するためのツールとして活用できるようになる。

2. 研究の目的

戸建住宅を対象に、居住者への影響を総合的に評価できるLCAツールを開発する。

3. 研究の方法

(1) 個人の住宅設計上の意思決定に関する調査

建築設計事務所の協力を得て、クライアントとの設計協議で有用なツールとするため、入力項目に関する調査を行う。具体的には、クライアントが設計者の意見を必要とせずに入力可能な項目、クライアント自身での入力は困難であるが、設計者からの助言があれば入力可能な項目、について検討するための意識調査を行なう。

(2) 運用段階でのエネルギー消費量の推定方法の検討

計算対象とする住宅の仕様を決めずに、居住地と居住者の条件のみからLCAを行えるようにするため、運用段階でのエネルギー消費量を統計的に推定する機能について検討する。説明変数には住宅の床面積・家族人数・年収・気象条件等を適用予定である。推定方法の検討用に全国を対象としたアンケート調査を行う。

(3) システムの仕様に対する検討と実装

日本建築学会の戸建住宅用LCAツールをもとに住宅ライフサイクルの各段階における内部費用(直接的にかかった費用)を算出する。被害算定型とするため、新たに人間健康の影響を加える。熱負荷はシミュレーションプログラムと連動させる。特定のシステムに依存させないようにするため、インターネット上で動作する仕様とする。

4. 研究成果

(1) 個人の住宅設計上の意思決定に関する調査

イ) 意識調査の概要

本調査は、過去2年以内に住宅を購入した人を対象に2014年1月~2月に行なった。調査対象者は秋田県在住の55世帯と東京都在住の15世帯である。秋田県在住の調査対象者は戸建住宅購入者で、東京都在住の調査対象者はコーポラティブハウジング購入者である。回収数は戸建住宅購入者が24世帯(回収率:44%)、コーポラティブハウジン

グ購入者が7世帯(回収率:47%)、全体での回収数は31世帯で、回収率は46%となった。

ロ) 意識調査の項目

表1に調査項目を示す。回答形式は選択式とし、与条件の回答項目は「わかる/わからない」とした。一部の項目では、どの程度までわかるのかを把握する為に、回答項目を細分化した。希望条件の回答項目は、クライアント自身が決めていきたい項目を把握する為に、「家族の中だけで決めたい/業者と相談しながら決めたい/業者に任せたい」の3択を基本とした。

表1 調査項目

入力項目	
与条件	居住地、居住者情報、年平均週間入浴回数、年平均週間シャワー回数、年平均週間追い炊き回数、冷暖房の設定温度、居住者の在宅時間、冷暖房機器を使用しない中間期の月の電気代、ガス代、水道代
希望条件	建築面積、階数、居室の数、仕上げ材の種類、屋根の形状、屋根の方位、平面形状、洗面台の数、バスの数、トイレの数、キッチンの数、給湯設備の熱源の種類、暖房設備の熱源の種類、セントラルヒーティングの種類、セントラルヒーティングを行なう居室の数、排気セントラルの居室の数、太陽熱温水器、太陽光パネル、電気自動車の走行距離

ハ) 回答者属性

回答者の年齢割合は20代が10%、30代が50%、40代が30%、50代が10%となった。回答者は住宅購入時に情報収集を確実にこなっていて、約90%の世帯が住宅展示場を回っていた。

二) 調査結果

与条件の結果を図1に示す。与条件の項目全体の平均としては、約84%が「わかる」という結果となった。この結果から、与条件に関しては概ねクライアント側が把握できているといえる。一方で、シャワー回数や光熱費等の住まい方に関する項目では、「わからない」の回答割合が増えていることがわかった。つまり、クライアント自身が住まい方を推計する為の情報を把握していない場合がある。

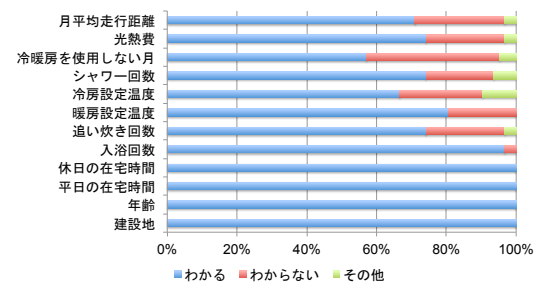


図1 与条件に対する結果

希望条件の結果を図2に示す。希望条件の項目全体の平均としては、約68%が「業者と相談しながら決めたい」と回答した。また、内装材や暖房機器等の内装や設備に関する項目は約30%が「家族の中だけで決めたい」と回答した。窓の性能や耐震性能等の住宅性能に関する項目では約13%が「業者に任せたい」と回答した。

以上の結果から設備機器等の住宅の一部に関する項目は、「家族の中だけで決めたい」割合が大きい項目もあるが、概ね「業者と相談しながら決めたい」割合が大きいことがわかった。一方で、耐震性能等の住宅全体に関する項目に関しては、概ね「業者と相談しながら決めたい」割合が大きい、「業者に任せたい」割合も他の項目と比較すると大きいことがわかった。

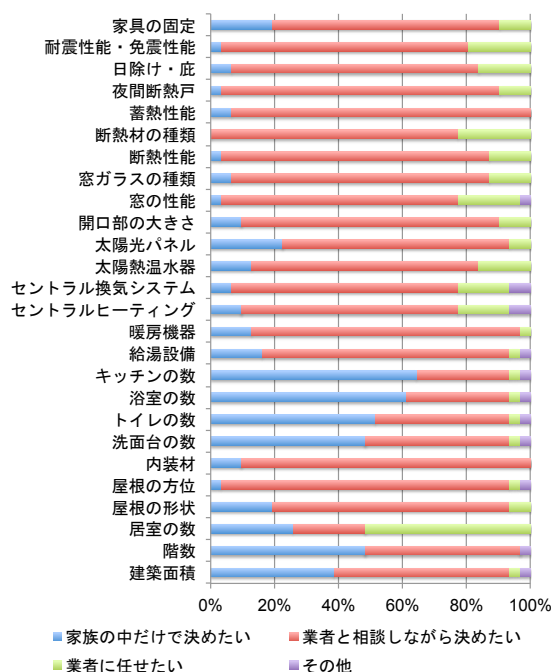


図2 希望条件に対する結果

## (2) 運用段階でのエネルギー消費量の推定方法の検討

### イ) 調査対象の選定

気象条件による地域性の違いについては、平成11年基準の省エネルギー地域区分(6区分)により分類する。都市規模については、地方自治制度における地方公共団体の種類から人口50万人以上、人口30万人以上、人口30万人未満の3つに分類する。産業構造については、SPSSを用いたクラスター分析により、全市町村の一次産業、二次産業、三次産業の割合<sup>2)</sup>を2グループに分類した。各グループは一次産業の割合が高いグループとその他に分かれている。以上の条件により、平成22年国勢調査より全市町村、1,729都市を分類した。

多くの町村は人口が少なく、高齢者の割合が高いことから、調査対象者の偏りが出来るだけ生じないように、調査対象都市を市のみと

した。分類した全市から無作為抽出を行い、調査対象都市を決定した。上記の分類で該当する都市がなかったケースもあり、調査対象都市はI地域では北海道札幌、旭川、江別、深川、II地域では岩手県二戸、長野県大町、III地域では宮城県仙台、福島県郡山、伊達、栃木県小山、IV地域では福岡県北九州、埼玉県所沢、千葉県成田、石川県珠洲、V地域では鹿児島県鹿児島、宮崎県宮崎、静岡県熱海、高知県香南、VI地域では沖縄県那覇、浦添、南城の21都市とした。

### ロ) 調査項目の検討

世帯を分類するための調査項目は、性別・年齢・最終学歴・職業・企業規模・家族年収とした。住居を分類するための家屋情報についての調査項目は、住居の種類、建て方、構法、建築年、建物面積、建物の階高、リビングの床の種類、庭・バルコニーの有無とした。各住宅の断熱性能と耐震性能を推測するため、リビングの窓ガラス、リビングの窓サッシ、屋根の素材を訊いた。

設備情報の調査項目は、熱源種類、使用期間、電気・ガス・灯油の使用状況とした。省エネルギー/再生可能エネルギーシステムは、システムの有無とその種類を調査項目とした。また、家電機器の中で電気冷蔵庫とテレビは消費電力が大きいので使用している台数と大きさを調査項目とした。その他に各家庭で所持している機器の中で、エネルギー消費量が大きいと思われるものを記入する欄を設けた。

各設備機器の使用状況はエネルギー消費量に影響を与えるので、冷暖房機器の使用期間、使用する部屋の規模、使用時間(平日、休日)、暖房・給湯機器の種類、1週間で浴槽にお湯をはった回数(夏季、秋季、冬季)、1週間でシャワーのみを使った回数(夏季、秋季、冬季)を調査項目とした。その他、リビングの床の種類、庭・バルコニー・改修・地震対策の有無、改修の種類、行なっている地震対策の質問項目を加えた。

### ハ) 調査結果に対する検討

調査は平成25年11月中旬～12月上旬に行われ、4,000世帯に配布した。回収率が11.8%であったことから、回答者属性に偏りがある可能性が考えられたので検定を行なった。検定の結果、全体としては大きな偏りは見られなかったが、回収数が少ない地域では偏りは見られた。また、省エネ設備を設置している世帯が全体の約4割を占めていたことから、回答者は高い省エネ意識を持っている可能性が考えられる。用途別にエネルギー消費量を分類し、調査結果の検討を行なった。冷房、暖房エネルギー消費量は地域性があり、給湯、照明・家電等エネルギー消費量は地域性が比較的薄いことがわかった。特に照明・家電等エネルギー消費量は環境要因以外が影響を与えていると考えられる。

全国調査の結果から、用途別のエネルギー消費量の推定方法の検討を行なった。エネルギー消費量と各項目の相関係数をみると、家族人数や地域性の項目の相関係数が高かった。しかし、当てはまりのよい式を作成するには至らなかった。よって今後は地域性に着目し、地域や気候区分ごとの推定方法の検討や住宅性能の違いによる分析も行なっていく。今回は、各変数の独立性を考慮した上で線形での重回帰分析による検討を行なったが、今後は非線形モデルでの重回帰分析も検討していく。

本調査では、地域性や各熱源の消費量からの推定方法の検討を目的としているため、詳細な住まい方に関する項目を調査対象から除いた。推定方法を検討した結果、地域性と住まい方を考慮した推定式の再作成が必要だと考えられる。住まい方に関しては、どの程度詳細なデータがあれば、どれくらいの精度の推定が可能であるかを検討していくことが必要である。

### (3) システムの仕様に対する検討と実装

#### イ) 開発フェーズの考え方

最終段階で求める機能を実現するために、最終段階、中間的段階、初期段階の3つの段階を設けた。各段階における考え方と、機能について説明する。

初期段階における考え方は、フルコスト評価を行うことができ、計算を行う為に必要な情報を入力する画面、計算結果を表示する画面を作成した段階ということである。初期段階での具体的な計算内容は、内部費用として、建設費用・更新費用・住宅運用費用の3つである。

中間的段階における考え方は、すでに各分野の基礎研究により行われている、本研究で使用する計算式をすべて導入し終えた段階ということである。中間的段階での具体的な計算内容は内部費用として、解体費用、カテゴリエンドポイントとして、陸生生物種・水産物・農作物・ユーザーコスト・カーボンオフセット・家具類転倒・建物の被災の8つである。

最終段階における考え方は、現段階ではまだ行われていない、各種計算に必要な計算式が、各分野の基礎研究で行われ、それらの計算式を導入し終え、本研究に必要な機能をすべて満たした段階ということである。最終段階での具体的な計算内容は、文献1の図2-2評価対象範囲において示されている項目である。

#### ロ) プログラムの基本構成

最終段階の目標は、既報(文献①の図1)で提案した全ての計算が行えるツールを開発することである。しかし、必要とする機能の中には、各分野の研究が実用可能な段階まで進んでいないものもある。そのため当面は、既往の各種研究開発成果を引用し、現時点で

実装可能な機能のみで構成されたプログラムを開発することを目指す。これを本研究では中間段階と呼ぶ。

プログラムの基本構成を図3に示す。本研究で開発目的としているツールは、専門知識の少ないクライアントが単独で操作し、設計方針を検討できるものである。そのため、入力画面はクライアントの視点から判断できる項目で構成されており、LCA計算用の細分化を行う必要がある。逆に計算結果についても、クライアントにとって分かりやすい形に集約する過程が求められる。LCAの計算は、内部費用とカテゴリエンドポイント(貨幣価値)の計算に分かれるが、必要に応じて補助計算を行うモジュールが呼び出される。

中間段階での具体的な計算内容としては、内部費用は従来のLCAツールを流用できる。カテゴリエンドポイントとしては、地球環境に関しては、陸生生物種・水産物・農作物・ユーザーコスト・カーボンオフセットは実装可能と言える。人間健康に関しては、シックハウス症候群と、地震災害による建物の被災、及び、家具類転倒について実装できる。しかし、その他の人間健康の評価、すなわち、呼吸器系疾患、熱中症、脳卒中、及び、建物内での転倒・転落については、カテゴリエンドポイントの計算方法が未確立なのが現状である。

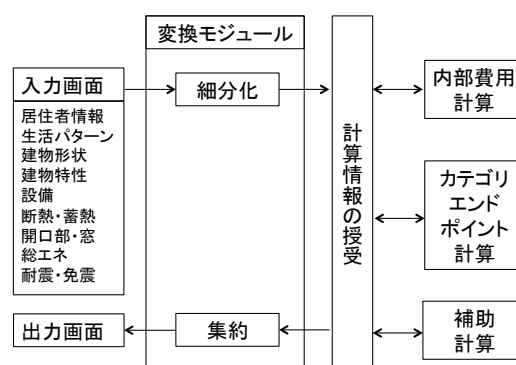


図3 プログラムの基本構成

#### ハ) 基本構成の試験的実装

内部費用算出については日本建築学会の「LCAツール戸建住宅版」、カテゴリエンドポイント算出はLIME2、補助計算としては熱負荷計算についてPassworkを連係させた。これらのプログラムは、それぞれ、Windows OSでの実行形式(EXE)やMicrosoft Excel用の実行ファイルであるため、Windows上で動く必要がある。しかし、クライアントが使える環境はWindowsに限らない方がよい。そのため、ウェブブラウザ上からインターネットを介して操作できる方法を採用した。具体的な構成を図4に示す。プログラムの具体的な動作は、以下の順序で行われる。

1) IIS: Internet Information Services が起動する際に、「内部費用算出モジュール」が

AIJ-LCA：建築物のLCAツール 戸建住宅版 Ver.1.02 からデータを読み取り、メモリーに保存する。

2) クライアントのブラウザからツールが呼び出されたタイミングで「データベース」から情報を読み取り、「インターフェース」が画面をブラウザに表示する。

3) クライアントのブラウザの各タブに設置されている計算ボタンが押されたタイミングで、「インターフェース」が受け付けた入力項目を、「変換モジュール」により、「各種算出モジュール」用へと変換する。

4) 各種算出モジュールでは、IIS 起動時に保存していた AIJ-LCA のデータ等と変換モジュールから渡された入力をもとにインベントリ分析などの計算を行う。その結果を変換モジュールに渡す。

5) 変換モジュールは各種算出モジュールから渡された計算結果を、インターフェースに渡す変換を行う。

6) インターフェースは変換モジュールから渡された計算結果から、ユーザー用に表やグラフを作成し、ブラウザに送信する。

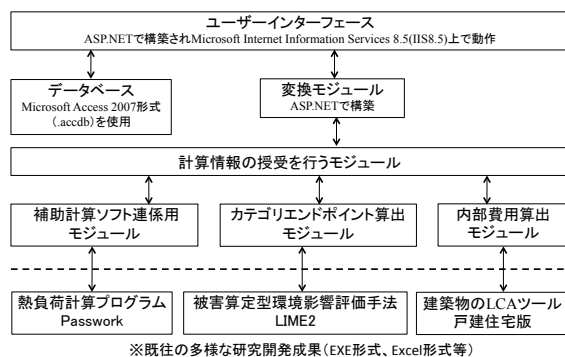


図4 初期段階試作のプログラム構成

本ツールはパソコンの他、タブレット端末での利用を考慮し、タブ選択による一画面の構成にした(図5)。タブの配置は「居住者・居住者情報」、「生活パターン」、「建物形状」、「建物特性」、「設備」、「断熱性能・蓄熱性能」、「開口部・窓」、「創エネ」、「耐震・免震性能」、「計算結果1」、「計算結果2」となっている。また、「居住地・居住者情報」と「生活パターン」、「建物形状」は必須入力項目、「建物特性」は簡易性能項目、「設備」と「断熱性能・蓄熱性能」、「開口部・窓」、「創エネ」、「耐震・免震性能」は詳細性能項目とした。

クライアントは必須入力項目を入力するだけで、ツールにおいて簡単なコスト評価をするための計算を行うことができる。しかし、その計算のみでは、住宅の詳細な性能を検討することはできない。そこで、簡易性能項目、詳細性能項目を入力していくことにより、クライアントがツールを通して住宅の性能を決めることができる。これらの3つの段階を設けることにより、クライアントが個人にあった使用方法を選択できる。

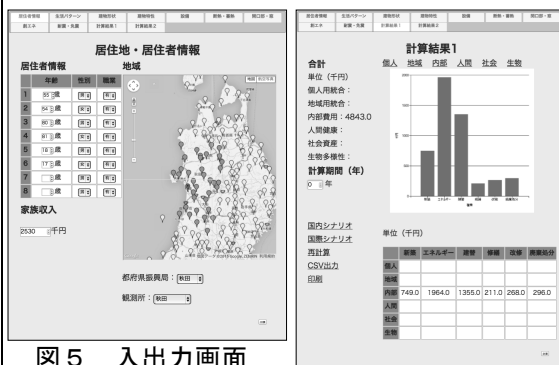


図5 入出力画面

例

<引用文献>

①高山あずさ、浅野耕一、長谷川兼一、菅野秀人、村田涼、天間佑貴、金子尚志：住宅設計初期段階用の居住者被害算定型 LCA ツールの開発 戸建住宅における評価対象範囲の検討 その1、日本建築学会環境系論文集、巻号：691、2013-09、pp.719

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計3件)

①佐々木翼、浅野耕一、高山あずさ、長谷川兼一、菅野秀人、村田涼、金子尚志、全国アンケート調査による戸建住宅での用途別エネルギー消費量の推定に関する研究 その1 地域性の用途別エネルギー消費量への影響に対する一考察、日本建築学会大会学術講演梗概集、2014.9

②高山あずさ、浅野耕一、佐々木翼、長谷川兼一、菅野秀人、村田涼、金子尚志、住宅設計の初期段階での意思決定を支援する LCA ツールの開発 その3 クライアントの視点による入力項目の基本構成に対する検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、2014.9

③浅野耕一、高山あずさ、長谷川兼一、菅野秀人、村田涼、金子尚志、住宅設計の初期段階での意思決定を支援する LCA ツールの開発 その4 クラス図を用いた計算過程の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、2014.9

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

浅野 耕一 (ASANO, Koichi)

秋田県立大学・システム科学技術学部・准教授

研究者番号：70336444

##### (2)研究分担者

菅野 秀人 (KANNO, Hideto)

秋田県立大学・システム科学技術学部・准教授

研究者番号：20336449

長谷川 兼一 (HASEGAWA, Kenichi)  
秋田県立大学・システム科学技術学部・教授

研究者番号：50293494

村田 涼 (MURATA, Ryo)  
東京工業大学・理工学研究科・准教授  
研究者番号：50573119

宮岡 大 (MIYAOKA, Futoshi)  
日本大学・工学部・助教  
研究者番号：80611954

(3)連携研究者

(4)研究協力者

金子 尚志 (KANEKO, Naoshi)

高山 あずさ (TAKAYAMA, Azusa)