HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	全国の住宅を対象としたエネルギー消費の実態に関する調査研究 : その5 ニューラルネットワークによる住宅用途別エネルギー消費量の構造解析
Author(s)	謝, 静超; 吉野, 博; 村上, 周三 他
Citation	大会学術講演梗概集. D-2, 環境工学II, 熱, 湿気, 温熱感, 自然エネルギー, 気流・換気・排煙, 数値流体, 空気清浄, 暖冷房・空調, 熱源設備, 設備応用, 2006, 195-196
Issue Date	2006-07-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/50671
Rights	日本建築学会. 本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである.
Type	journal article
File Information	GKKD-2_195-196.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Architectural Institute of Japan

日本建築学会大会学術講演梗概集
(関東) 2006年 9 月

全国の住宅を対象としたエネルギー消費の実態に関する調査研究
その5 ニューラルネットワークによる住宅用途別エネルギー消費量の構造解析

正会員 ○謝 静超*1 同 吉野 博*2 同 村上周三*3
同 坊垣和明*4 同 田中俊彦*5 同 羽山広文*6
実測 エネルギー消費量 同 赤林伸一*7 同 井上 隆*8 同 三浦尚志*9
住宅 ニューラルネットワーク 同 尾崎明仁*10

1. はじめに

ニューラルネットワーク(以下, NNW)は, 非線形現象のモデル化が容易なことから, 家族構成や住宅性能など様々な要因から構成される住宅エネルギー消費量の構造的分析に適用[1]されている。本報では, 前報に示した全国住宅エネルギー消費量の調査結果にNNWを適用したので, その結果を報告する。

2. 教師データと検証データの概要

2002年12月から2003年11月に行った全国6地域に分布している80戸の調査住宅[2]の中からデータがそろった住宅72戸を利用する。地域毎に1戸をランダムに抽出し, 合計6戸を検証データ, 他66戸を教師データとする。教師データと検証データの概要を表1に示す。ここでは, 住宅全体のエネルギー消費量を出力層とした場合と用途別消費量とした場合の2つについて検討した。両方ともNo.5～No.13 を入力変数とした。検証データは教師データに比べて建築年数, 暖房度日はやや多いが, 隙間相当面積は約 1/2 程低く, 延床面積, 熱損失係数, 家族人数, 冷房度日がやや低い。また, 構造・工法と熱源は定性的な変数である。

3. 入力変数の絞り込み

有効入力変数は寄与度と相関係数[3]によって判定する。まず, 各入力変数と住宅全体のエネルギー消費量との相関係数, 住宅全体エネルギー消費量に対する寄与度を求める。図1に示すように相関係数の絶対値を横軸, 寄与度を縦軸として入力変数を2次元平面にプロットし, 両指標の組み合わせから, 閾値(相関係数:0.5, 寄与度:4 以上)を設定して四つの領域Ⅰ～Ⅳに分類する。領域Ⅰ, Ⅱ及びⅢの属変数をNNWの有効入力変数とする。即ち有効入力変数は建築年数, 延床面積, 熱損失係数, 隙間相当面積, 家族人数, 冷房度日, 暖房度日(No. 5～No. 11)である。

4. NNWのエネルギー消費量モデル

4. 1 学習方法 階層型3層 NNW モデルの学習方法としては誤差逆伝搬法(BP法)を用いた。即ち, 教師データと出力値との差の二乗和を最小にするように結合荷重を調整するという非線形最小二乗問題の解を求める。

4. 2 中間層のユニット数 中間層ユニット数を増やすと, 教師データに対する識別力は向上するが, 検証データに対する識別力が必ずしも単調に良くなるわけではない。ユニット数の決定に当たって, まずユニット数を階段的に変化させて各 NNW を構築し, 同一データを用いて十分学習させ, 次に学習済みNNWのAIC[3](構築したモデルの真のモデルに対する適合の悪さを観測データから評価する統計量)を求めた。ここでAICが最小となるユニット数8個をもつNNWモデルを採用した。

4. 3 出力層のユニット数 ユニット数は入力層, 中間層がそれぞれ 7, 8 である。出力層のユニット数は①全体の場合は 1, ②用途別の場合は 3 である。用途別エネルギー消費量モデルの場合を図2に示す。暖冷房用, 給湯用, その他用を出力変数とし, その出力値は3個の合計が1となるように, それぞれが0～1の値となる。

5. 計算結果

5. 1 学習結果 教師データによる学習結果を図 3 に示す。学習値と実測値との相関係数は, ①全体の場合には, 0.94, ②用途別の場合には, 暖冷房用, 給湯用, その他用がそれぞれ 0.98, 0.95, 0.83 である。

5. 2 検証結果 検証データに対する検証結果を図4に示す。検証値と実測値との相関係数は, ①全体の場合には, 0.94, ②用途別 の場合には, 暖冷房用が0.97と高く, 給湯用, その他用が0.64, 0.61 である。

表1 教師データと検証データの概要

変数番号	変数項目	教師データ(66戸) 最大	最小	平均	検証データ(6戸) 最大	最小	平均
No.1	全体エネルギー消費量[GJ/年]	159.8	11.2	52.8	123.8	29.0	65.1
No.2	暖冷房用エネルギー消費量[GJ/年]	92.4	0.3	19.3	74.1	0.4	27.3
No.3	給湯用エネルギー消費量[GJ/年]	47.7	2.6	19.1	29.5	3.6	19.7
No.4	その他用エネルギー消費量[GJ/年]	30.3	5.7	14.3	22.5	9.3	18.0
No.5	建築年数[年]	35.0	1.0	5.5	13.0	1.0	5.7
No.6	延床面積[㎡]	240.0	46.0	122.9	159.0	70.0	108.2
No.7	熱損失係数 [W/㎡·K]	7.7	0.6	2.4	3.2	1.3	2.2
No.8	隙間相当面積 [c㎡/㎡]	13.3	0.2	2.8	2.9	0.3	1.4
No.9	家族人数 [人]	6.0	2.0	3.6	5.0	2.0	3.5
No.10	冷房度日[D_{22-24}]	625.5	0.0	118.1	245.3	0.0	107.0
No.11	暖房度日[D_{14-18}]	3220.7	5.4	1525.5	3220.7	623.2	1597.6
No.12	構造・工法 (木造:その他)	—	—	—	—	—	—
No.13	熱源別 (全電化:その他)	—	—	—	—	—	—

※実測の外気温度から冷房度日, 暖房度日を求めた。

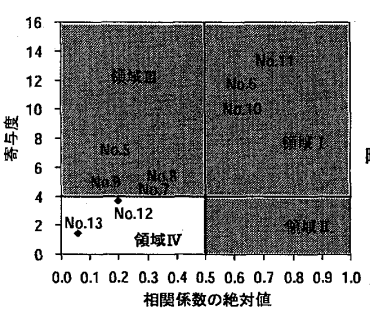

図1 相関係数と寄与度

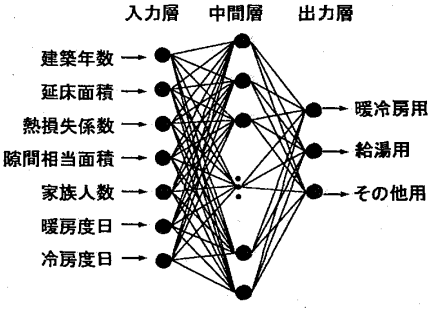

図2 NNW用途別エネルギー消費量モデル

Study on Energy Consumption in House at Principal City of Japan
Part 5 Analysis of Residential End Use Energy Consumption Using Neural Network

XIE Jingchao, YOSHINO Hiroshi et al.

NII-Electronic Library Service

Architectural Institute of Japan

5. 3 構造解析 入力変数が出力変数にどのくらい影響度があるのかを調べるため構造解析を行う。入力層から中間層への結合荷重に中間層から出力層への結合荷重をかけて，その絶対値の和をとり，その割合を円グラフで図 5[4)]に示す。エネルギー消費量の変数を影響度が大きい順に並べると，①全体の場合には，暖房度日，家族人数，熱損失当係数等である。②用途別の場合，暖冷房用では，建築年数が最も大きく，冷房度日，暖房度日がそれに続く。給湯用では，熱損失係数，家族人数，延床面積である。その他用では，熱損失係数の影響度が大きい。家族人数の影響度はそれに続き，冷房度日と延床面積が同じ程度で影響している。

6. まとめ

本報では 72 戸の住宅の実測結果に NNW を適用した。(1)寄与度と相関係数によって入力変数を絞込み，AIC によって中間層のユニット数を決定した。(2)各因子がエネルギー消費量に与える影響度を明らかにし，暖房の場合には，建築年数，冷房度日，暖房度日の影響が大きいことを示した。

また，エネルギー消費量に影響力がある家電製品，観測困難な省エネ意識，ライフスタイルなどの変数は今回は含めなかったが今後の課題とする。

参考文献: 1) 田中昭雄，中上英俊，石原修，酒井孝司: 住宅エネルギーの非線形多変量解析手法とその汎化能力の研究，日本建築学会計画系論文集，第570号，pp67-73，2003年8月 2) 村上周三，赤林伸一，絵内正道，吉野博，飯尾昭彦，坊垣和明，鉾井修一，渡辺俊行，坂口淳:住宅を対象としたエネルギー消費量の測定システムの開発研究，日本建築学会技術報告集，No.22，pp.355-358，2005年12月 3) 塩谷正樹，相楽典泰，武田仁: 階層型3層ニューラルネットワークを用いた熱負荷予測手法の予測精度に及ぼす熱負荷特性の影響，日本建築学会計画系論文集，第502号，pp43-50，1997年12月 4) 花田一磨，長坂研，三浦保之，呉瑛禄: ニューラルネットワークを用いたリゾート施設内の電力需要分析，第20回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集，pp277-280，2004年1月

謝辞: 本研究は国土交通省，東京電力，関西電力，九州電力からの補助金を受け，(社)日本建築学会学術委員会「住宅内のエネルギー消費に関する全国的調査研究委員会(委員長:村上周三慶應義塾大学教授)」の活動の一環として実施したものである。また，本研究を行うに当たり居住者の方々や工務店の各位の協力を得た。調査やデータ集計では，多数の皆様(http://tkkankyo.eng.niigata-u.ac.jp/HP/HP/16iinmeibo.htm 参照)に多大なる協力を得た。関係各位に深く感謝の意を表します。

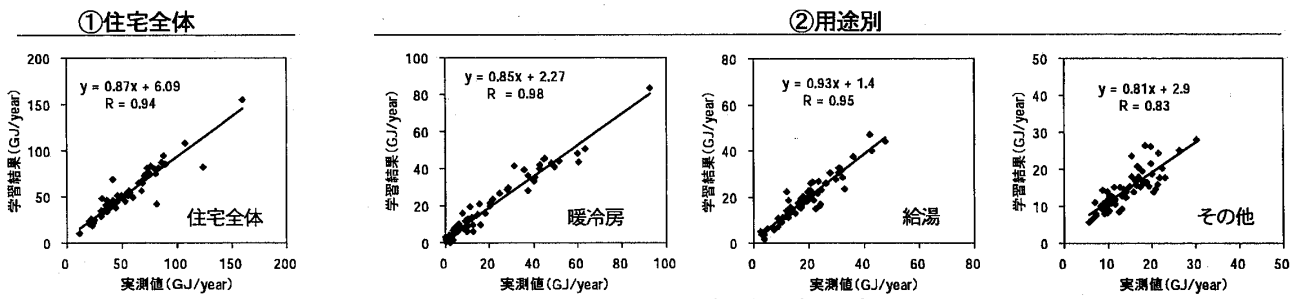

図 3 教師データによる学習値と実測値の比較

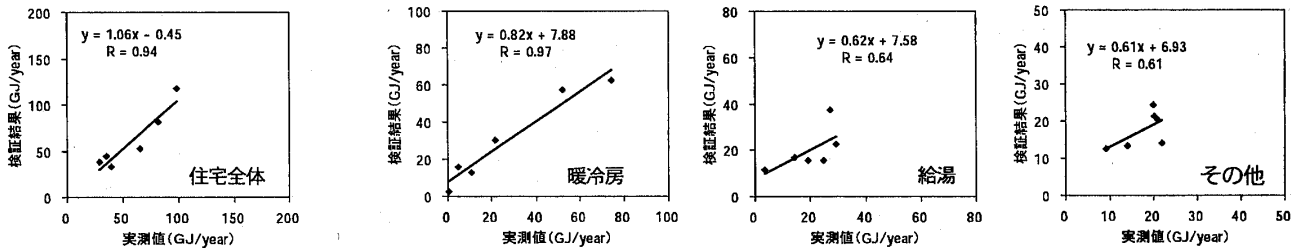

図 4 検証データによる検証値と実測値の比較

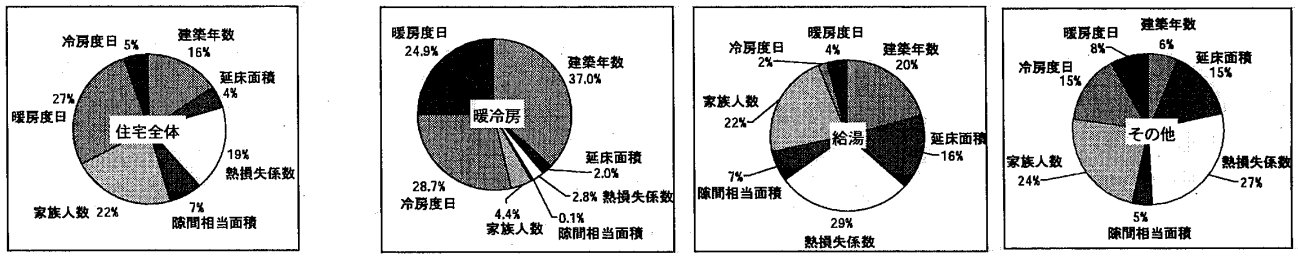

図 5 学習したモデルの構造解析結果

*1 東北大学大学院工学研究科・博士後期課程・修士
*2 東北大学大学院工学研究科・教授・工博
*3 慶應義塾大学理学部・教授・工博
*4 独立行政法人建築研究所・首席研究員・工博
*5 東京電力株式会社・工博
*6 北海道大学大学院工学研究科・助教授・工博
*7 新潟大学大学院自然科学研究科・教授・工博
*8 東京理科大学理工学部・教授・工博
*9 独立行政法人建築研究所・研究員・工博
*10 北九州市立大学国際環境工学部・助教授・工博

Graduate School of Eng., Tohoku Univ., M. Eng.
Prof., Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Dr. Eng.
Prof., Faculty of Science and Technology, Keio Univ., Dr. Eng.
BRI Chief Fellow, Building Research Institute, Dr. Eng.
Tokyo Electric Power Company, Dr. Eng.
Assoc. Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.
Prof., Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ., Dr. Eng.
Prof., Faculty of Science and Technology, Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng.
Research Engineer, Building Research Institute, Dr. Eng.
Assoc. Prof., Faculty of Environmental Engineering, Kitakyusyu Univ., Dr. Eng.

NII-Electronic Library Service