

# ニューラルネットワークを用いた建物壁面風圧予測

佐々木 亮治\*  
Ryoji Sasaki

佐藤 健一\*\*  
Kenichi Sato

## 1. はじめに

当社で開発した Wind24S などの自然換気を利用する建物においては、建物壁面における風圧力の予測が重要である。建物壁面の風圧を調べるには風洞実験が有効な手法であるが、時間や労力がかかるという欠点がある。また既往の実験結果などから推定する場合、異なる建物形状に対してどのように判断するか明確な基準はできていない。そこで、ニューラルネットワークを用いて既存の風洞実験結果を学習させることで、任意の建物形状の風圧を予測する手法の開発を目指す。本報では第一段階として、矩形建物1棟における風圧分布の予測を行う。

## 2. ニューラルネットワーク手法

ニューラルネットワークは、人間の脳のはたらきをモデル化している<sup>1)</sup>。人間の脳内の神経細胞は他の細胞から入力信号を受け、その入力信号の和がある値を超えた場合に他の細胞へ出力信号を送り出すという働きを持つ。ニューラルネットワークはこの流れをモデル化しており、モデルの構築には一般的にバックプロパゲーション (BP) 法が用いられることが多い。

本検討ではBP法ではなくCCLN (Cascade-Correlation Learning Network)を用いる。この手法はFahlman・Lebie<sup>2)</sup>により開発されたもので、**図-1**にそのモデル図を示すが、①フィードフォワード型のためBP法より学習が速い、②トレーニングセットが変化しても以前の構造を保持する、などの利点が挙げられる。この手法を用いたドーム屋根面の風圧予測も報告されている<sup>3)</sup>。

## 3. ニューラルネットワーク構築

### (1) 実験データ

予測に用いるデータは、日本大学生産工学部所有のエッフェル型境界層風洞 (風洞断面 W 2,200 mm×H 1,800 mm) にて測定した。**表-1**に示すように建物模型は低層、中層、高層の3種類である。気流は建築物荷重指針・同解説で定める地表面粗度区分Ⅳとし、模型縮尺は1/250、

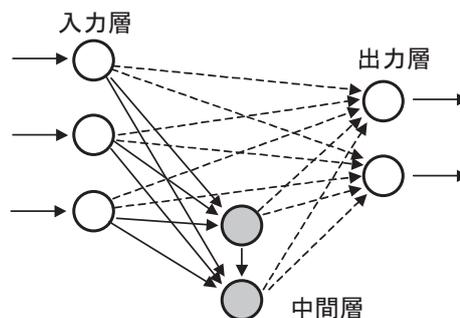


図-1 CCLNのモデル図

表-1 風洞実験模型概要

	低層	中層	高層
幅 (mm)	120		
奥行 (mm)	50		
高さ (mm)	60	120	180
測定点数	40	64	80
風向	9風向 (0~90°, 11.25°間隔)		

表-2 入出力項目

項目	項目	備考
入力	①風向 $\cos\theta$	風向が風上壁面に正対するときを $0^\circ$ 、建物側面に正対するときを $90^\circ$ とする。
	②風向 $\sin\theta$	
	③壁面水平方向位置	水平方向中心を0、両端を-1と1としたときの位置
	④壁面垂直方向位置	建物高さを1としたときの位置
	⑤高さ	高層、中層、低層建物をそれぞれ0.9、0.6、0.3とする。
出力	①風上壁面風圧係数	設定した位置の風圧係数を算出する。
	②風下壁面風圧係数	

風洞風速は軒高レベルで10 m/s、風向は11.25°おきに0~90°の範囲とした。予測には風上面および風下面の測定データを用い、側面および屋根面は対象としていない。

### (2) 入出力項目

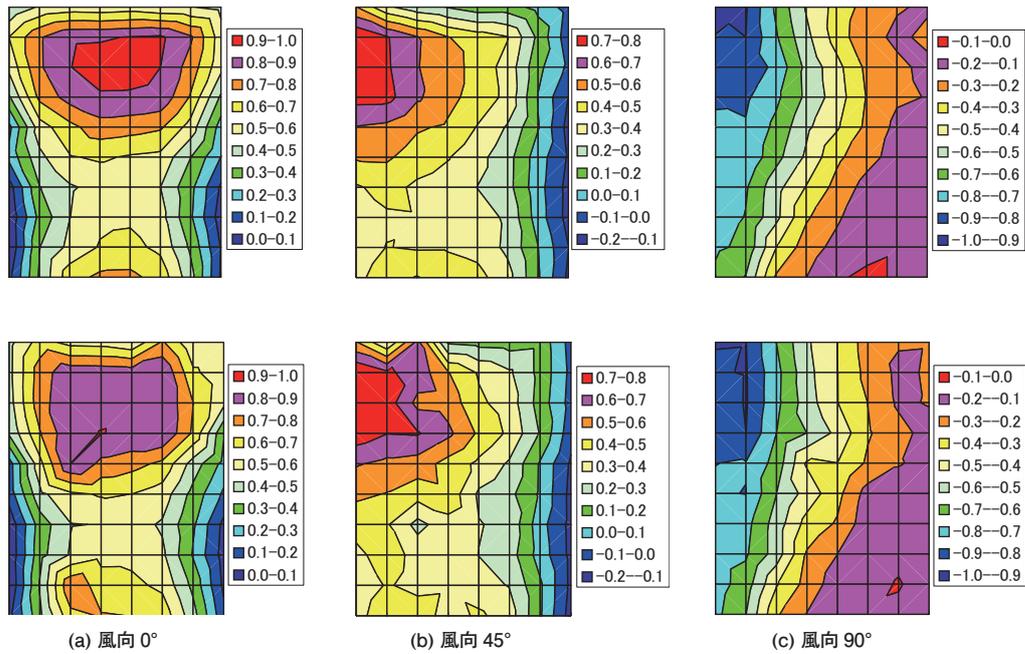
矩形建物壁面の風圧予測を行うニューラルネットワークを構築する上で、入出力項目を**表-2**のように入力を5項目、出力を2項目と設定した。またニューラルネットワークの特性上、入力項目の数値データの絶対値が1以下となるように無次元化等の処理をした。

### (3) 学習パラメータの設定

本ネットワークの学習では、学習係数、最大学習回数 (Epoch 数)、最大変化量、重み変更抑制係数などが影響する。本研究では、最も影響を与えられと考えられる学習係数と Epoch 数に着目して解析を行い、解析パターンは8パターンを設定した。

\* 技術研究所技術研究部環境技術研究課

\*\* 建築設計部設備設計課



図一 風圧係数予測結果の比較（高層風上壁面，上段：実験結果 / 下段：予測結果）

(4) 重み係数の算出

各モデルに対する風圧係数データのうち、3/4 をトレーニングデータとして学習に用い、残り 1/4 をテストデータとした。過学習対策としてテストデータの誤差の推移を確認した上で、最適な学習回数を設定し、ニューラルネットワークの中間層に関する重み係数を求めた。

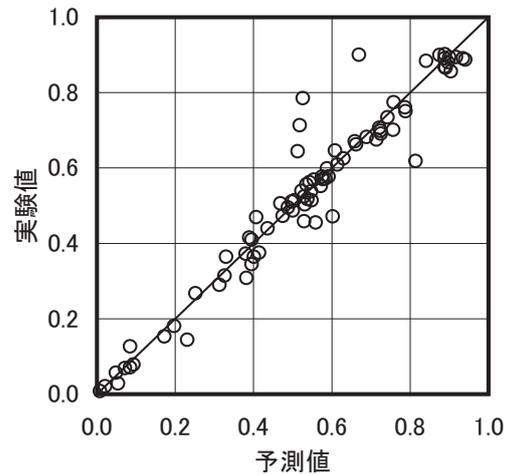
4. 予測結果

本報では予測精度が高かったパターンでの高層建物風上壁面の結果を述べる。図一に風洞実験と予測結果の風圧係数の比較を示す。風向の違いによる風圧分布の形状を精度良く再現していることから、本手法では定性的な傾向の把握が可能であることが分かる。図三に実測値と予測値の相関を示す。予測値と実測値で差がある点も見られるが、それ以外の大半の点では予測値と実測値は高い相関を示している（相関係数 0.97）。したがって、定量的にも精度が高いことが分かる。

5. おわりに

ニューラルネットワークを利用して、矩形建物壁面の風圧係数を予測する手法を構築した。予測結果は、定性的にも定量的にも精度が高いことが判明した。今後は、さらなる精度向上と二棟以上の建物への適用を目指す。

謝辞：本研究は国土交通省補助事業「平成 18 年度住宅・建築関連先端技術開発助成事業」（三協立山アルミ(株)と共同）の一環として行われ、風洞実験データは Cp 研究会、ニューラルネットワークの構築には東北大学・植松教授



図三 風圧係数予測結果の相関（高層風上壁面，風向 0°）

の協力を得た。関係者各位に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 馬場則夫ほか：ニューラルネットの基礎と応用，共立出版。
- 2) Fahlman, S.E. and Lebiere, C. (1990), “The cascade-correlation learning architecture”, *Advances in Neural Information Processing Systems II*, Morgan Kaufmann, 524-532.
- 3) Yasushi Uematsu, etc. (2005), “Wind Load Evaluation System for Cladding of Spherical Domes using Aerodynamic Database, Neural Network and Simulation”, *APCWE VI*.