

ZEB プランニングにおける温熱解析技術を用いた 快適性の検討

エンジニアリング本部 都市・地域環境部 都市コンサルティングユニット

山下 萌
井上 亮

1. はじめに

近年、地球温暖化対策やエネルギー需給の安定化のため、エネルギー消費量を減らすことが求められている。特に業務部門(事務所ビル、商業施設等の建物)での最終エネルギー消費量は、2016年度のデータでは日本全体の約16.0%を占めており、1990年度の12.7%から増加している。そのため、建物でのエネルギー消費量を大きく減らすことができるZEB(Net Zero Energy Building)の普及が求められている¹⁾。

ZEBを実現するためには、消費エネルギーの大部分を占める空調及び照明による消費量を削減することが必要不可欠である。しかし、「エネルギーを多く使用して快適性を確保する」あるいは「快適性を損なってもエネルギー消費量を減らす」といったように、建築物の設計・運用によっては、エネルギー消費量の削減と快適性の向上はトレード・オフの関係になる可能性がある。そのため、エネルギー消費量の削減と同時に快適性も維持する必要がある。

本稿では、温熱解析技術を用いて室内の空調解析を行うことにより、空調消費エネルギーの削減に伴う快適性の変化、維持に関する評価・検討を行った。

なお、評価にあたっては温熱指標 PMV (Predicted Mean Vote、予測平均温冷感申告)を用いた。

2. 温熱解析の概要

2.1 解析条件

夏季の晴天日におけるオフィス室内をモデル化し、空調機の台数を変更した場合の快適性の変化、維持に関する検討を行った。

空調機の台数はメーカー参考値²⁾より、ケース1:12台、ケース2:8台、ケース3:6台とした。なお、オフィス室内の面積は約430m²、エアコン(3馬力相当)1台あたりの空調面積の目安は35~75m²とした²⁾。

各ケース共通の解析条件は表1、解析結果を抽出した代表地点は図1、解析モデル図は図2(1)~(3)に示すとおりである。

表 1 解析条件

| 項目 | 解析条件 |
|--------|---|
| 使用ソフト | STREAM V14.1 (㈱ソフトウェアクレイドル社製) |
| 解析領域 | 約 18.5(x)×23.3(y)×2.8(z) m |
| メッシュ分割 | 208(x)×320(y)×35(z) |
| 解析時間 | 定常 |
| 乱流モデル | 標準 k-ε モデル |
| 空調条件 | 流量:18m ³ /min 吹出角度:30° (天井面からの角度) 吹出温度:25°C |
| 日射条件 | 場所:東京 日時:8月1日14時(晴天日) |
| 温度条件 | 室内温度:30°C(計算スタート時) 室外温度:35°C(北、東、南側:屋外) 25°C(上記以外の面:屋内) |
| 湿度条件 | 30%(実測値より室内一律で設定) |

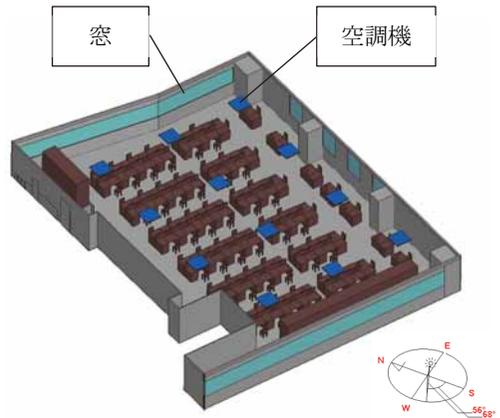


図 2(1) 解析モデル図(ケース1:空調機 12 台)

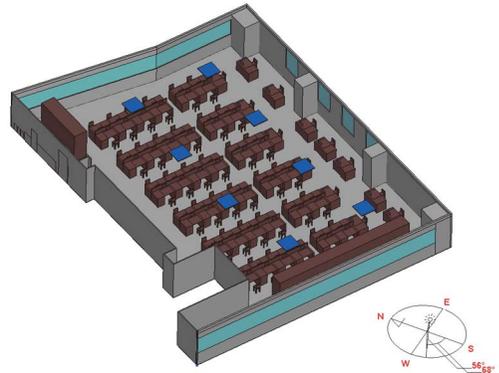


図 2(2) 解析モデル図(ケース2:空調機 8 台)

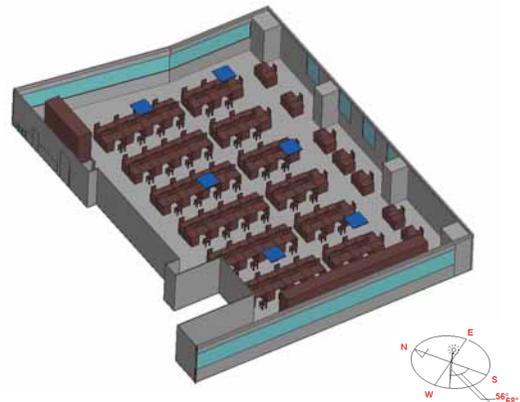


図 2(3) 解析モデル図(ケース3:空調機 6 台)

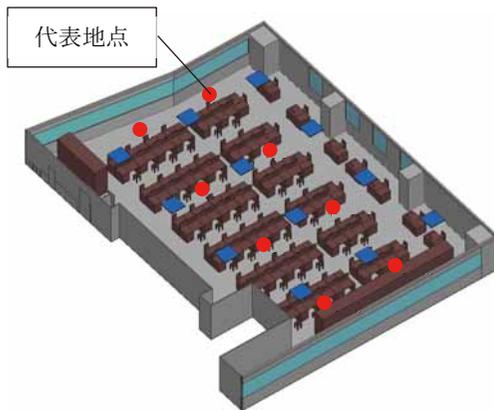


図 1 解析結果を抽出した代表地点

2.2 解析結果

各ケースの地上1mにおける風速分布の結果は図 3(1)～(3)、室温分布の結果は図 4(1)～(3)、平均放射温度^{※1}分布の結果は図 5(1)～(3)、代表地点の解析結果(平均値)は表 2 に示すとおりである。

空調機の台数が多いほど、空調能力が大きくなるため、風速は大きく、室温は低くなった。

平均放射温度は、空調機台数による差があまり見られなかった。オフィス内の北、東、南側で平均放射温度が高くなっている要因は、日射による影響が考えられる。特に、南側は直接日光があたるため、室温、平均放射温度ともにその他の側面よりも高くなっている。

表 2 代表地点の解析結果(平均値)

| 項目 | 風速 (m/s) | 室温 (°C) | 平均放射温度 (°C) |
|-------|-------------|------------|----------------|
| ケース 1 | 0.12 | 25.7 | 29.0 |
| ケース 2 | 0.10 | 25.9 | 29.1 |
| ケース 3 | 0.10 | 26.3 | 29.1 |

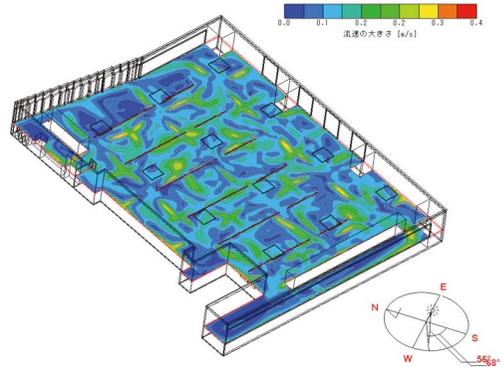


図 3(1) 風速分布(ケース 1)

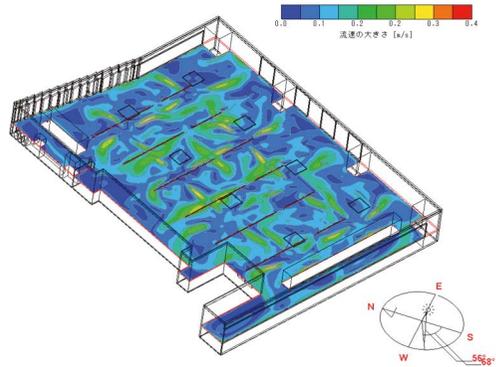


図 3(2) 風速分布(ケース 2)

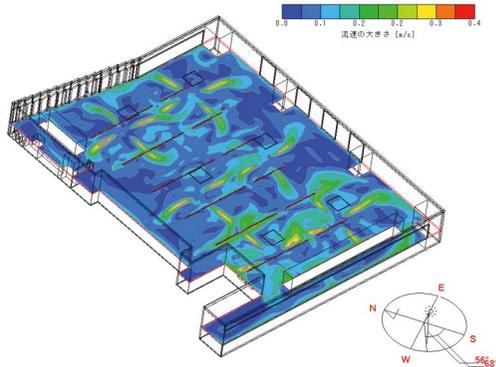


図 3(3) 風速分布(ケース 3)

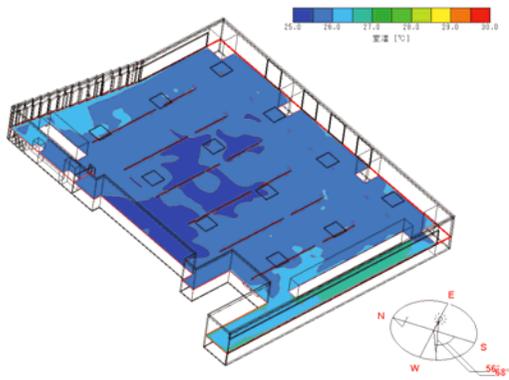


図 4(1) 室温分布(ケース1)

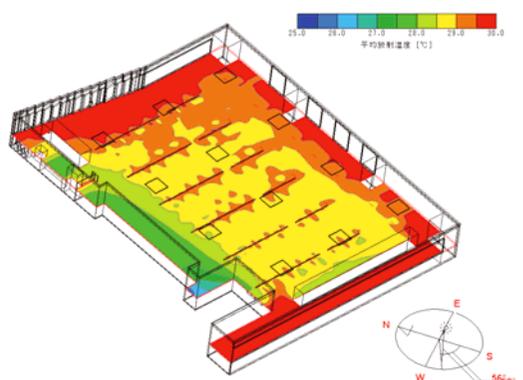


図 5(1) 平均放射温度分布(ケース1)

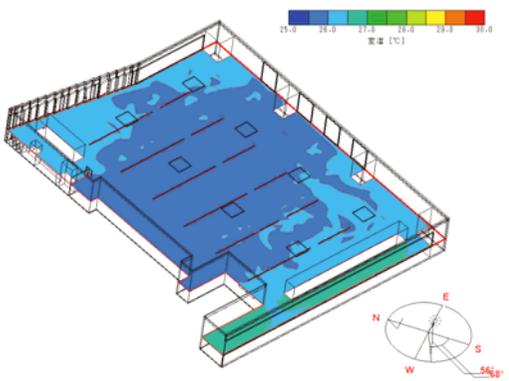


図 4(2) 室温分布(ケース2)

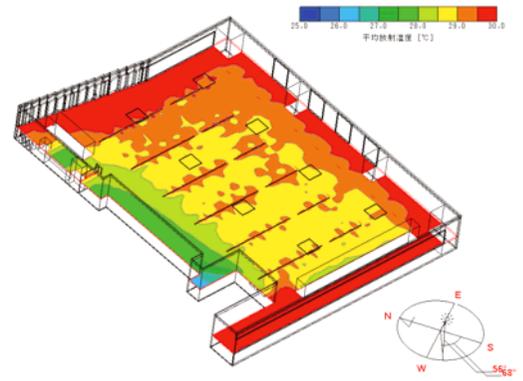


図 5(2) 平均放射温度分布(ケース2)

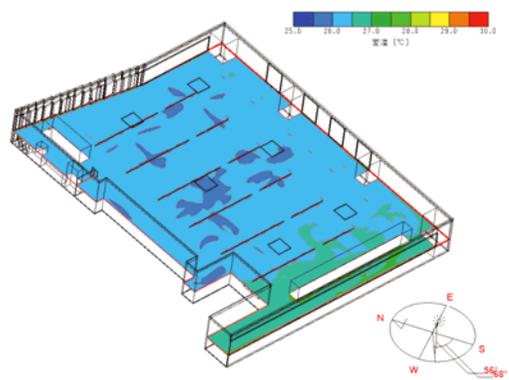


図 4(3) 室温分布(ケース3)

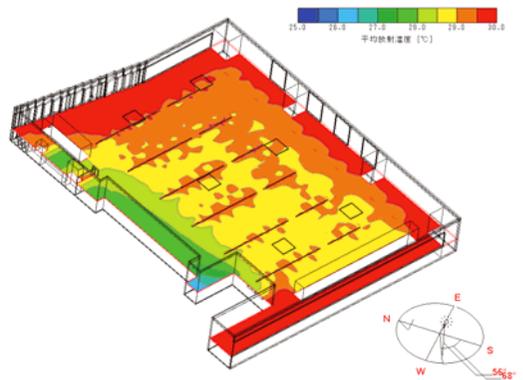


図 5(3) 平均放射温度分布(ケース3)

3. 快適性評価

本検討においては、温熱指標 PMV を用いて評価を行った。

PMV は、デンマークのフィンガーによって提案された指標である。温度環境に関する 6 要素(室温、平均放射温度、相対湿度、平均風速、着衣量、作業量)の組み合わせで求めることができ、表 3 に示す 7 段階の尺度で表される。

室温、平均放射温度及び平均風速は温熱解析技術により求めた結果を用い、相対湿度は実際のオフィス内で計測した値(30%)を、着衣量ⁱⁱ(0.5clo)及び作業量^{※3iii}(1.1met)は、文献等⁴⁾を参考に、夏季のオフィス内事務作業を想定した値を用いて PMV を算出した。

PMV 等の温熱指標算定フロー⁴⁾は、図 6 に示すとおりである。

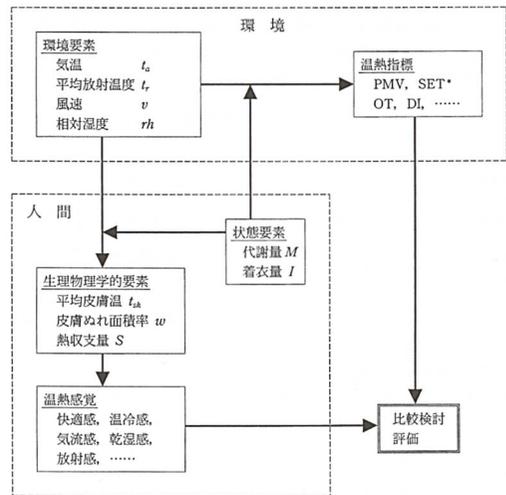


図 6 温熱指標算定フロー図

各ケースの PMV 分布は、図 7(1)~(3)、代表地点の PMV (平均値) は表 4 に示すとおりである。

国際標準 ISO7730 では、 $PMV = \pm 0.5$ (予測不満足率 10%) を快適範囲としている⁴⁾。

空調機の台数が多いケースほど空調能力が大きくなるため、快適性は向上した。また、全てのケースにおいて、オフィス内のほとんどの範囲が 0~+1 に収まっており、不快に感じる人の割合は 25%以下であることから、どのケースにおいても快適性がある程度確保できていると考えられる。

表 3 PMV と温冷感覚カテゴリー

| PMV | 温冷感 | 予測不満足率 |
|-----|---------|--------|
| +3 | 非常に暑い | 99% |
| +2 | 暑い | 75% |
| +1 | やや暑い | 25% |
| 0 | どちらでもない | 5% |
| -1 | やや寒い | 25% |
| -2 | 寒い | 75% |
| -3 | 非常に寒い | 99% |

表 4 代表地点の PMV (平均値)

| 項目 | PMV |
|-------|------|
| ケース 1 | 0.35 |
| ケース 2 | 0.50 |
| ケース 3 | 0.53 |

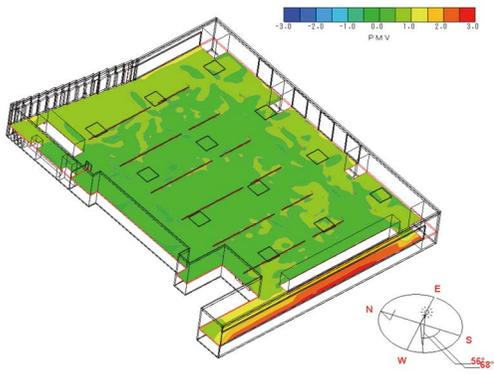


図 7(1) PMV 分布(ケース 1)

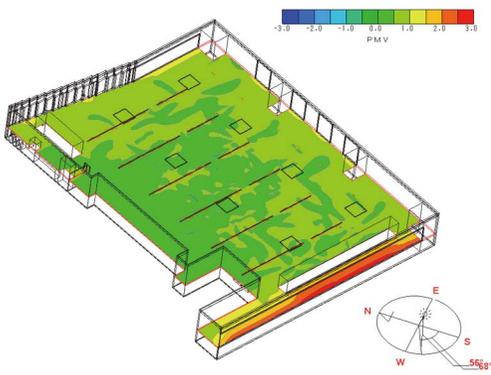


図 7(2) PMV 分布(ケース 2)

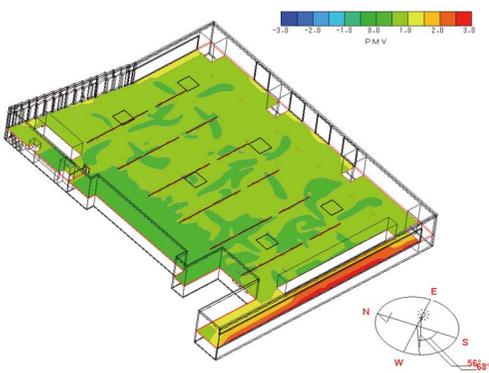


図 7(3) PMV 分布(ケース 3)

ケース 3 では、他ケースと比べ空調能力が小さいことから、PMV が±0.5 となる範囲が狭くなった。そこで、空調の吹出角度の違いによる空調効果の変化に着目し、空調の吹出角度を変更した場合の、PMV 分布の変化を検討した。

空調の吹出角度を 45° とした結果は図 8、15° とした結果は図 9、代表地点の PMV(平均値)は表 5 に示すとおりである。

吹出角度を 45° とした場合、快適性が低下した。

吹出角度を 15° とした場合、PMV はケース 2 と同程度となり、快適性が向上した。

このことから、吹出角度の検討は一例であるが、空調機の台数を減らした場合でも、空調機の運用方法を変更することにより、快適性が向上することが分かり、空調消費エネルギーの削減にもつながると考えられる。

表 5 代表地点の PMV(平均値)

| 項目 | PMV |
|-------------------|------|
| ケース 3 吹出角度 45° | 0.63 |
| ケース 3 吹出角度 15° | 0.47 |

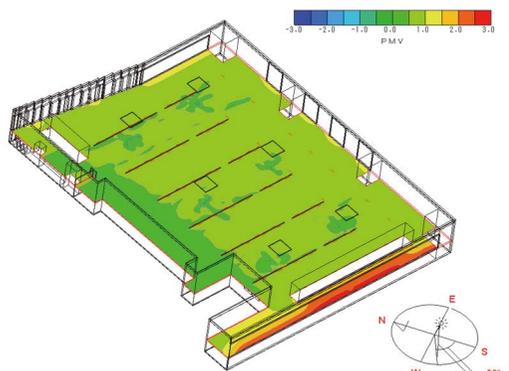


図 8 PMV 分布(ケース3、吹出角度 45°)

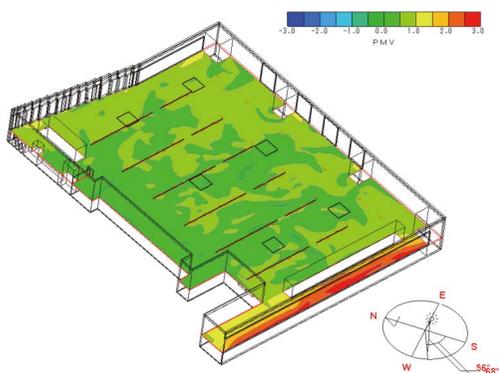


図 9 PMV 分布(ケース3、吹出角度 15°)

4. おわりに

本稿では、温熱解析技術を用いて、室内の空調機の台数を変更した場合の快適性の検討を行った。

空調機の台数が多いほど、空調機能力が大きいため、快適性は向上するが、空調機の台数を減らした場合でも、空調機の運用方法を工夫することにより、快適性の向上及び消費エネルギーの削減につながるということがわかった。

本稿では、解析結果の差を明示できるように空調機の流量(馬力)を固定した定常解析を行ったが、消費エネルギー削減の詳細な検討を行うためには、以下に示すような条件での非定常解析による検討も必要であると考えます。

- ・外皮断熱(高性能断熱材、高性能断熱・遮熱窓)
- ・日射遮蔽
- ・自然採光
- ・高効率空調
- ・高効率照明

また、本稿では空調機のみに着目して検討を行ったが、照明器具の消費エネルギー削減に伴う快適性の変化、維持に関する検討についても行う予定である。

<参考文献>

- 1) 「ZEB PORTAL」(令和元年 9 月閲覧、環境省ホームページ)
<http://www.env.go.jp/earth/zeb/index.html>
- 2) 「業務用エアコン馬力(能力)を選ぶ目安とは？」(令和元年 9 月閲覧、DAIKIN PROSHOP ホームページ)
https://daikinproshop.jp/useful/select/1101_4.html
- 3) 「平成 16 年度 都市緑地を活用した地域の熱環境改善構想の検討(中間報告)」(平成 17 年 3 月、都市緑地を活用した地域の熱環境改善構想検討会)
- 4) 「新版 快適な温熱環境のメカニズム 豊かな生活空間をめざして」(平成 9 年 12 月、(社)空気調和・衛生工学会)

ⁱ 平均放射温度(Mean Radiant Temperature)

平均放射温度とは、周囲の全方向から受ける熱放射を平均化した温度表示を言う。周囲の表面温度が低ければ、気温が高くても快適になる。その放射環境を表現するために、平均放射温度という概念が用いられる。平均放射温度の値が気温よりも高いと、周囲から受ける放射熱による暑さを感じ、逆に気温よりも低いと涼しさを感じる³⁾。

ⁱⁱ 着衣量

着衣量はクロ(clo)という単位で表され、衣服の保

温力(熱抵抗)を示す。1cloは気温21.2°C、相対湿度50%、気流0.1m/sの室内で椅座安静状態の成人男性が快適に感じる状態である。長袖シャツ+長ズボンのとき、0.5clo程度となる。

ⁱⁱⁱ 作業量(代謝量)

作業量(代謝量)はメット(met)という単位で表され、運動や作業によって発生するエネルギーを示す。1metは椅座安静状態の代謝量で58.2W/m²である。オフィス内でタイプ作業を行っているとき、1.1met程度となる。