

誘引効果を用いた空調吸込口に関する研究 -評価空間に関する検討-

建設工学専攻
建築環境工学研究

ME14028 柄澤 祥雄
指導教員 西村 直也

1. 背景と目的

近年、扇風機やエアノズル等の製品において周囲の空気を誘引することで、吹出した空気より遥かに大量の風量を供給できるものが広まっている。これらは断面積が極端に小さい吹出口から空気を高速に吹出すことで誘引効果を生かしている。建築分野においてはこの技術はエアカーテンに応用され、汚染物質の拡散防止などに用いられる。しかし、これらは局所的な送風を目的としており、部屋全体の換気効率向上に応用した例は少ない。

上記の背景のもと既往の研究¹⁾により考案された空調システムの分析と評価を厳密に行うことが課題となったため、本研究では解析空間の作成と空調ユニット周辺の気流性状の分析と評価を行うことを目的とする。

本研究はその基礎的段階として解析空間と吹出形状や吹出速度により、どの程度の誘引効果が期待できるかについて検討を行った。具体的には数値流体力学(CFD: Computational Fluid Dynamics)を用いて気流解析を行い、給排気条件などの調整を行った。また、解析結果に与える影響が大きいと考えられるパラメータをいくつか選出し、パラメータサーベイを行うことで誘引効果が大きくなるような組み合わせの選出を行った。

2. 手法

本研究では、ベンチュリー効果を応用した空調システム及び解析対象のモデル化を行い、評価値を算出するために気流解析を行った。その際、解析空間の形状を決定するため、充分に奥行きのある広い空間を想定し解析を行った。そして、解析空間の形状を決定し空調ユニットに対する詳細な解析を行った。

2. 1 解析対象

図1に解析モデル、表1にその概要を示す。床面にスリット状の吹出口を、その鉛直上の壁面に今回提案する空調ユニットを設置する。天井裏で排気することを想定し、天井と壁の間にスリット状の吸込口を設けた。

解析の結果(図2)、室内の気流性状が安定する範囲が概ね5.0~7.0mの範囲と判明したため、気流性状の全貌を把握するために解析空間の幅を10.0mとした。

2. 2 評価基準

評価基準は解析モデルの形状に依存せず室内の換気性能を滞留の影響も含めて定量的に把握するため、既往の研究²⁾³⁾と同様に空気余命の下側累積頻度95%点とした。解析結果より陰圧部分の広がり方と気流の方向を確認した。そして、空調ユニットを設置しない状態の解析空間に対して給気量を等しくした場合での空気余命からの削減率を算出し評価値とした。

2. 3 空調ユニットについて

図2に解析を行った空調ユニットの形状を示す。既往の研究では曲線を用いたが、本研究では問題の単純化のため、板状のものを用いた。空調ユニットの真下に床吹出口が設置され、吹出された空気は傾斜面に沿うように流れ、速度が上がることで陰圧が発生する。また、取り付け部に設けた吹出口(ブリーズライン)から高速気流を吹出すことにより気流を加速させる仕組みとなっている。また、吹出倍率とは床吹出し速度に対する空調ユニット吹出速度の割合である表2に解析結果への影響が大きいと考えられるパラメータを示す。既往の研究では天井吸込口幅に関しては考慮しておらず、200mmで解析を行ったが本研究では重要なパラメータとした。

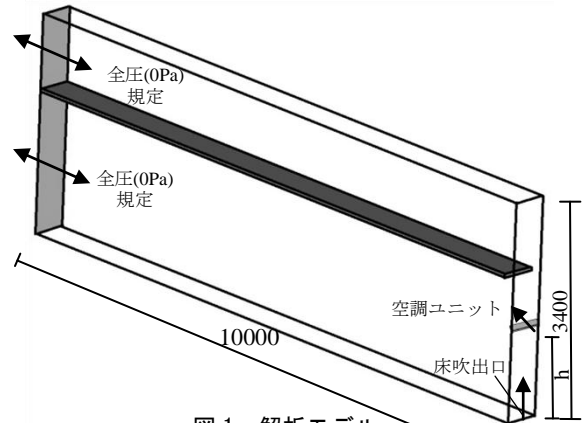


図1 解析モデル

表1 解析モデルの概要及び解析条件

解析モデル	項目	単位	値	
解析モデル	床面積	m ²	5.0	
	天井高	m	2.2	
	室容積	m ³	11.0	
吹出口(床)	高さ	m	3.4	
	形状	-	スリット	
	大きさ	m×m	0.02×0.5	
吹出口(空調ユニット)	吹出風速	m/s	1.0~5.0	
	形状	-	スリット	
	大きさ	m×m	0.5×0.005	
境界条件(室内)	吹出速度	m/s	2.5~25.0	
	大きさ	m×m	0.5×2.2	
境界条件(天井裏)	条件	-	全圧(OPa)規定	
	大きさ	m×m	0.5×1.15	
解析条件	条件	-	全圧(OPa)規定	
	定常/非定常	-	定常	
	気流性状	-	乱流	
	乱流モデル	-	-	標準k-εモデル(高レイノルズ)
		-	-	k=0.0001
		-	-	ε=0.0001
要素数	X×Y×Z	514×25×195		
壁面条件	-	対数則条件		

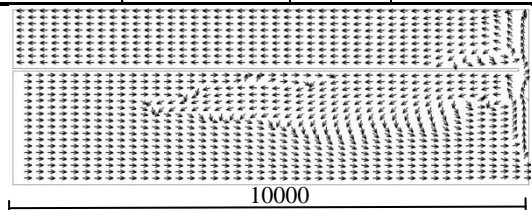


図2 解析結果(気流ベクトル図)

表2 解析パラメータと変化水準

パラメーター	変化水準
吹出速度(床)[m/s]	1.0, 3.0, 5.0
空調ユニット設置高さ[mm]	1400, 1600, 1800
空調ユニット吹出倍率[]	0.0, 2.5, 5.0
天井吸込口幅[mm]	100, 150, 200, 250, 300

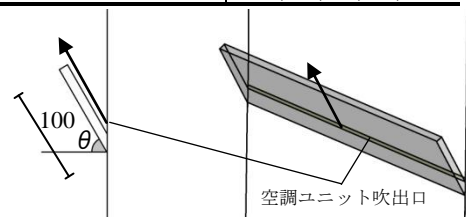


図3 空調ユニット(type-G-θ)

3. 解析結果・考察

誘引効果の範囲が大きくなる結果を示したパラメータの設定(床吹出速度 1.0m/s, 吹出倍率 5.0 倍 type-G-50、設置高さ 1800mm)について取り上げ、解析パラメータについての考察を行う。

3. 1 空調吸込口幅について

図 3 に空調吸込口幅 100~300mm の圧力コンター図、図 4 にユニットを設けなかった時との比較として空気余命削減率を示す。基本的には空調吸込口幅と空気余命削減率には相関関係が見られる。これは、吸込口へ侵入する流量が増えたため、ベンチュリ効果により周囲の気圧が下がり、空調ユニット周辺に発生している陰圧域と繋がることによって、周囲の空気を誘引したことが要因として挙げられる。一方、ほぼ全てのモデルにおいて吸込口幅 100mm の設定では、室内側の境界面から気流が流出する傾向が確認された。これは、吸込口の幅が狭いため、床から吹出した気流が天井裏に侵入せず天井の下面に沿って流れたためと思われる。また、空調吸込口幅が 200mm の大きさから空気余命削減率の値が非常に大きくなるのが確認された。以上のことから、空調吸込口幅は 200mm 以上が有効な大きさと考えられる。

3. 2 床吹出速度について

図 5 に床吹出速度 1.0~5.0m/s の空気余命コンター図、図 6 に空気余命削減率を示す。床吹出速度が増加するにつれて、空気余命削減率が低下していることがわかる。これは、床から吹出した気流が空調ユニット周辺を通過する際に、流速が大きすぎるため空調吸込口に誘引される前に室内側に漏れて滞留することが要因と考えられる。図 6 の空気余命コンター図からも、誘引効果の範囲が確認できる。従って、誘引効果の範囲だけを考慮すれば、床吹出速度は 1.0m/s が最適と考えられる。

3. 3 空調ユニット設置高さについて

図 7 に床吹出速度 1400~1800mm の圧力コンター図、図 8 に空気余命削減率を示す。図 7 から、空調ユニット設置高さが高くなるにつれて、空調ユニット周辺の陰圧域と空調吸込口周辺の陰圧域が繋がろうとしていることがわかる。また、図 8 から空調吸込口幅 250mm 以上のものでは、空気余命削減率と空調ユニット設置高さとの相関関係が見られる。このことから、誘引効果による換気効率の向上を目指すには、空調ユニット設置高さは 1800mm であることがわかった。

3. 5 まとめ

既往の研究から解析空間の最適化をしたうえで気流解析を行った結果、考案した空調システムで誘引効果による換気効果があることが確認された。また、空調ユニットを設置しない場合と比較して、空気余命を約 53% 削減できることが確認された。

4. 今後の課題

空調ユニットの断面形状に流体力学を意識した流線形状を用いて形状の最適化を行う必要がある。また、境界条件を更に最適化し、あらゆる条件でも空気余命の算定を行えるような解析空間の作成と評価基準となる空気余命の算定のため、具体的な室用途を想定することが望ましい。

【参考文献】

- 柄澤祥雄・西村直也：誘引効果を用いた空調吸込口に関する研究, 日本建築学会, 学術講演梗概集 環境工学 II, p775-776, (2015)
- 石澤啓介・西村直也 他：空調制気口配置計画に関する研究, 日本空気清浄協会, 研究大会予稿集, p163-p165, (2007)
- 西村直也・望月政成：遺伝的アルゴリズムを用いた空調制気口の最適配置に関する研究, 日本空気清浄協会, 空気清浄: コンタミネーションコントロール 51(6), p20-25, (2014)

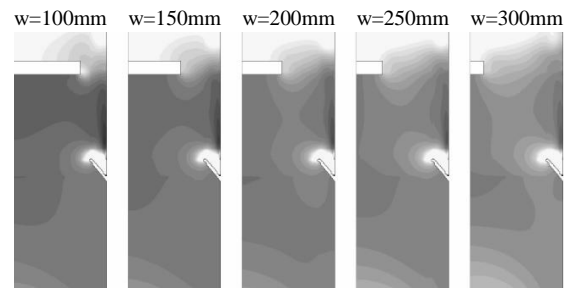


図 3 圧力コンター図 (w=100~300mm)

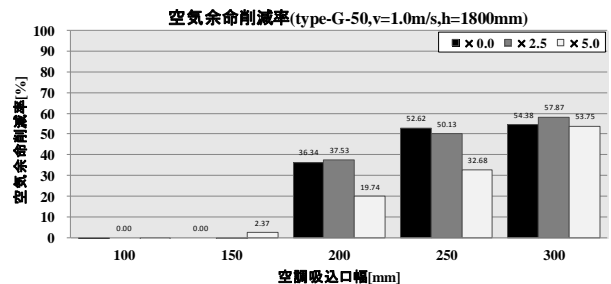


図 4 空気余命削減率 (w=100~300mm)

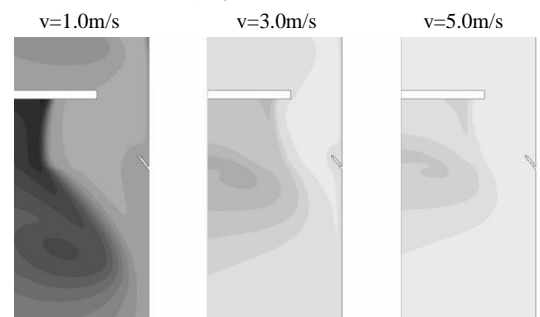


図 5 空気余命コンター図 (v=1.0~5.0m/s)

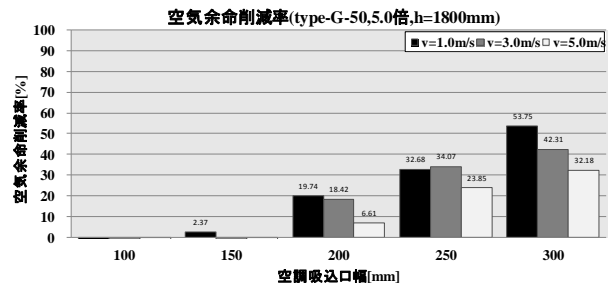


図 6 空気余命削減率 (v=1.0~5.0m/s)

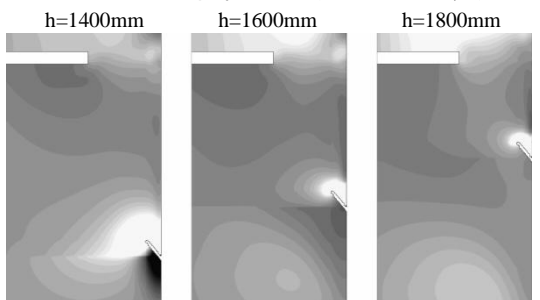


図 7 圧力コンター図 (h=1400~1800mm)

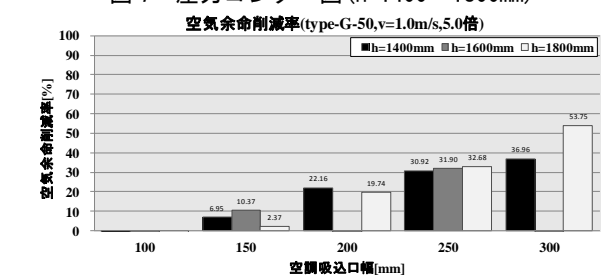


図 8 空気余命削減率 (h=1400~1800mm)