

F.L. ライトの建築における通風特性に関する研究

- 自由学園明日館における事例研究 -

Keywords

F.L.ライト 有機的建築 CFD
ARCHICAD 自由学園明日館 旧山邑邸



DZ18624 金澤 嘉季

1. 研究の背景と目的

F.L.ライト氏の建築物は「有機的建築」という建築理念のもと設計されており、その建築物は、自然をテーマとし、土地と建物との一体化や周辺環境との融和が特徴として挙げられる。現代のサステナビリティの先駆者であり、建築環境に関して、様々な配慮とともに建築計画されている。

本研究では、有機建築を提唱するF.L.ライト氏の建築物において、室内の風流の状態、自然風の取り入れ等の自然との調和は実際にどのようなになっているのか数値流体解析によって解析を行う。そして、室内での空気の流れ、時間経過によるCO2濃度の変化を把握し、設計思想との融合性、または解離性について考察することを目的とする。

2. 手法

本研究では気流解析ツールとしてMSC社STREAMv2021を用いる。気流の解析をするにあたって対象とする建築物のモデルを作成する必要がある。但し、STREAMでは複雑な形状のモデルを構築することが困難なため、CADソフトを用いて対象建築をモデリングしたものをSTREAMにインポートし、その後、条件を設定し解析する。解析モデルの作成にはGRAPHISOFT社のARCHICAD v24を用いる。

今回、対象とするF.L.ライト氏の建築物は「自由学園明日館」と「旧山邑邸」の2つである。なお、自由学園明日館は規模が大きいため中央棟、西教室棟、東教室棟の3箇所のみを対象とし、山邑邸に関しては最もメインとなる応接室に焦点を当てて解析を行う。これらをSTREAMにインポートし、解析の条件を与え、各建物に対して気流速度の解析及びCO2濃度の解析を行う。扉を含む開口の条件については解析対象とする空間が建物ごとに大きく異なるため、解析ごとに設定を行う。また、今回解析結果として示すのは自由学園明日館中央棟のホール・食堂、東教室棟、西教室棟と旧山邑邸応接室のそれぞれの空間における通気、CO2濃度とする。

各対象建物に対して、定常解析及び非定常解析を行う。定常解析より気流性状を、また非定常解析によりCO2濃度の変化の把握を行う。自然換気での換気性能を把握す

るために風向・風速の条件は建物の所在地の卓越風を用いる。風向・風速は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構のホームページ、風況マップ(H18年度改訂版)より用いる。定常での通気の解析は室内の通風に関する特性を把握するために開口100%の状態での比較を行う。非定常解析では1サイクル1秒、900サイクルで15分間の変化における解析とし、開口の条件を変えた解析も行う。なお、人体モデルを一室につき2~5体設置し、呼吸により発生するCO2を0.4L/hに設定する。で設定する。対象建築の概要を表1に、解析モデルを図1、2に示す。

表1 対象建築の面積

建物名	敷地	建物
自由学園明日館	3,006.4m ²	942.4m ²
旧山邑邸	5,228.1m ²	359.1m ²



図1 自由学園明日館解析モデル

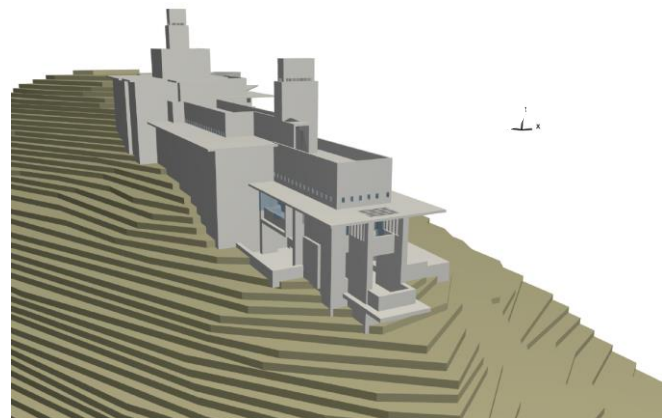


図2 旧山邑邸解析モデル

3. 解析結果

解析結果については紙面の都合上、自由学園明日館「ホール」と旧山邑邸「応接室」の空間についてのみ示す。なお、この解析結果のコンター図は、解析対象とする空間の床を基準とした時のZ方向2.0mにおける結果を示す。また、示している部屋の方角について、図の上部が北方向、下部が南方向である。

(1) 自由学園明日館の解析結果

自由学園明日館の通気解析結果を図3、4に、開口条件を変えたCO₂濃度解析結果を図5、6に示す。風向・風速の条件は卓越風、北北西2.4m/sとした。CO₂濃度解析時の開口条件は、現地見学した時の状態に合わせて設定したものと開口率100%の2パターンで設定した。

自由学園明日館の通気状況に関して、中央棟へ流入した自然風は館内通路を抜け、敷地全体に気流が行き渡っていた。ホールに注目すると正面の窓から抜ける風に加え、小さな旋回流が発生し、2階食堂へ流れていく気流が見られた。また、暖炉（煙突）から建物外へ抜ける気流も見られた。中央棟西教室では自然風の流入が見られたのに対して、中央棟東教室では自然風の流入はあまり見られなかった。

自由学園明日館のCO₂濃度に関して、開口100%時と開口調整時の解析結果では大きな差が見られた。開口100%の解析では、元々開口の多い建築であり、全ての開口が開いている状態では正面の窓が非常に大きいため15分後もCO₂はほとんど残っていない。しかし、実際の建物の使用状態に合わせた開口条件の場合、ホール中央にCO₂が滞留している状態が確認できる。この解析結果について、垂直方向の断面においても空間中央にCO₂が溜まっている様子が見られた。食堂のCO₂濃度は、ホールと空間が繋がっているため、発生したCO₂が気流に乗ってホールへ抜けていることもあり、ホールと比較して数値は全体的に低い値になっていた。西教室棟、東教室棟は、構造が非常に似ているため同じような結果が予想されたが、解析結果では、CO₂濃度の解析結果に差が生じ、西教室棟は東教室棟よりも自然風を取り入れられているという結果に対し、西教室棟のCO₂濃度は東教室棟と比べて全体的に高くなっている結果が得られた。

(2) 旧山邑邸の解析結果

旧山邑邸の通気解析結果を図7、8に、開口条件を変えたCO₂濃度の解析結果を図9、10に示す。風向・風速の条件は卓越風、南西4.5m/sとした。CO₂濃度解析時の開口条件は、現在閉館中であり、通常の使用状況が把握できないため、50%、100%の2パターンで設定した。

旧山邑邸の通気状況に関して、風速が大きいこともあり自然風を十分に取り入れられており、応接室は隣接する部屋を始め建物内全体へ自然風を取り入れる起点とな

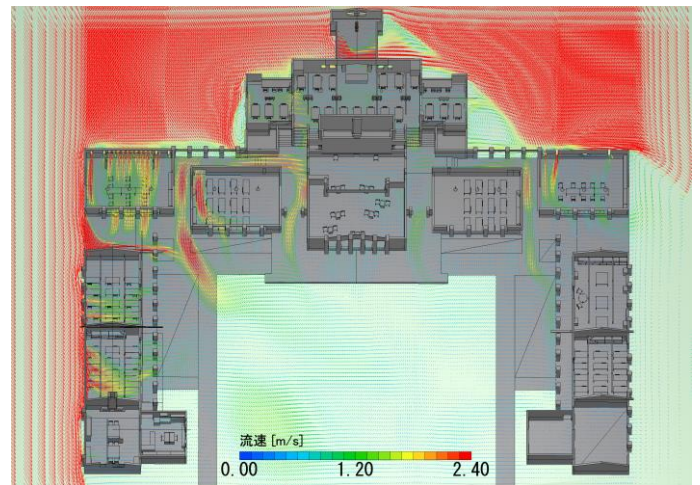


図3 自由学園明日館解析結果 - 通気（全体）



図4 自由学園明日館解析結果 - 通気（ホール）

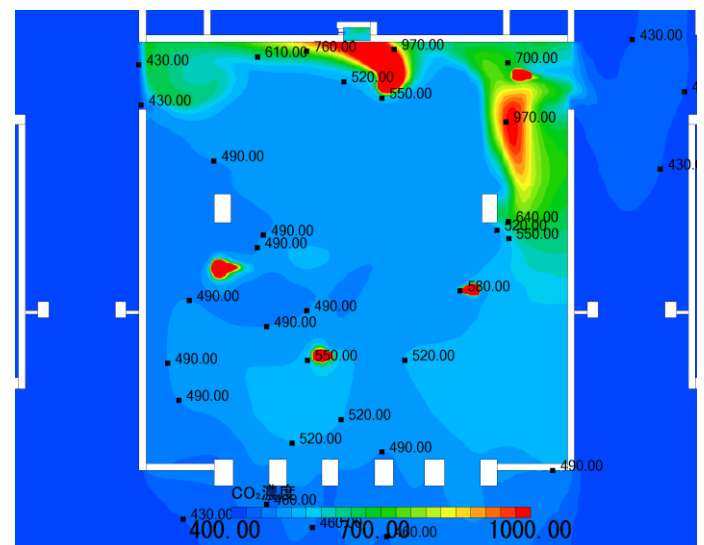


図5 自由学園明日館解析結果 - 開口100%CO₂濃度

る一室となっていることが分かった。

旧山邑邸のCO2濃度に関して、開口100%時と開口50%時の解析結果を比べると、自然風の抜け方がほとんど同じであるため、発生したCO2の抜け方も同じような結果が予想されたが、応接室南側においてCO2の残り方に少しだけ異なる箇所が確認できた。数値に関しては、全体的に低い値になっており、自由学園明日館のホールで見られたようなCO2の滞留はないことが分かった。

4. 結論・考察

F.L.ライト氏は「有機的建築」という建築思想から土地と建物との一体化や周辺環境との融和をテーマとしているが、自然風の取り入れという観点では、建物が非常に大規模かつ複雑であるため、大きな違いが見られることが予想されたが、それぞれの建築の特徴を生かした自然風の取り込みが確認でき、共通点を見つけることができた。また開口条件を変え、実際に利用される状態を想定した解析においては、CO2濃度の変化に焦点を当てたが、建築によって大きな違いが確認できた。条件が異なるため、直接比較することはできないが、それぞれの建築について通気の特徴と照らし合わせながら考察する。また、CO2濃度の基準に関しては、建築物衛生法で定められた値より値が1000ppm以下を基準に考察する。

自由学園明日館と旧山邑邸はどちらも自然風をよく取り込んでいる建築物であると言える。地形や気候の違いから風速などの条件の違いはあるが、両建築ともそれぞれの地域の卓越風の風向にあった風の抜け方をしているように見えた。しかし、非常に歴史の長い建築であり周辺の環境も大きく変化するため、建築の設計当時に建物外からの自然の影響を考慮したことは考えづらい。このことから、両建築ともどんな環境条件にも調和していく事が出来るような通風特性があり、自然風の取り入れという観点に関して、非常に優れている建築ではないかと言える。

しかし、開口の割合を少なくした解析では両建築とも開口100%時に比べそれぞれ違いが見られた。

自由学園明日館について、実際に建物が利用される時の開口状態を想定して解析を行ったが、自然風の取り入れの結果とは反対に問題点も考えられる結果となった。解析結果では、自由学園において最もメインとなる空間であるホールにおいてCO2が中央部に滞留している様子が確認できた。この結果について建築物衛生法で定められたCO2濃度基準値の1000ppmと比較すると、この値を超えている箇所はなく、15分経過した状態のCO2濃度には問題はないと言える。しかし、食堂や西教室棟、東教室棟等の別の空間のCO2濃度の様子と比較した時に、CO2の広がりには大きな差があることから、CO2の抜け方に偏りが生じていることが分かる。このことについて、

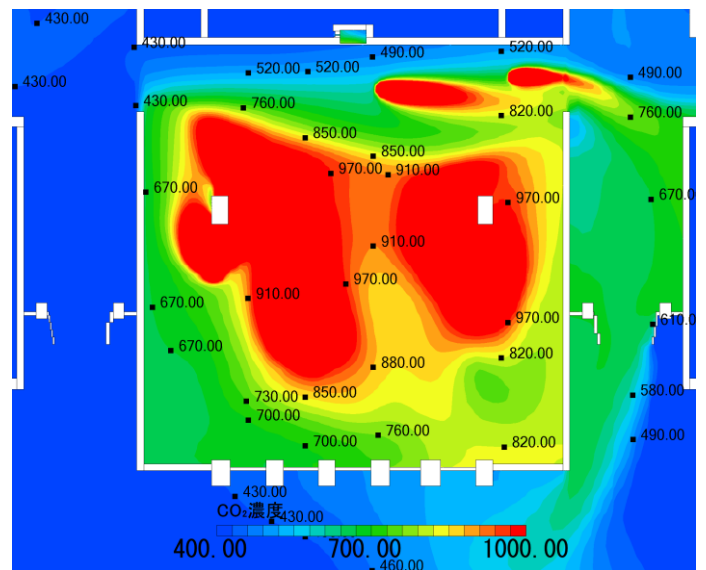


図6 自由学園明日館解析結果 - 開口調整CO2濃度

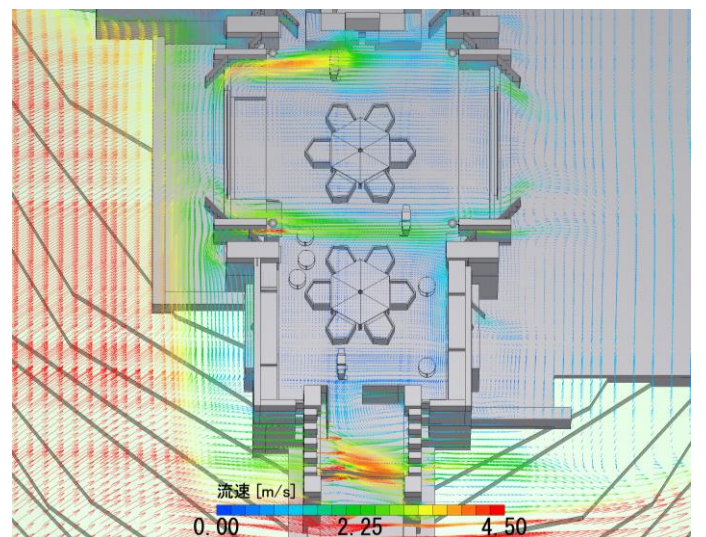


図7 旧山邑邸応接室解析結果 - 通気（応接室）①

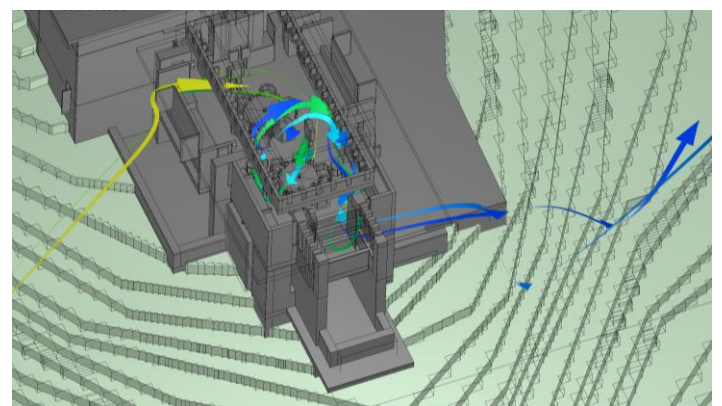


図8 旧山邑邸応接室解析結果 - 通気（応接室）②

空間の繋がりがあることにも関わらず、ホールと食堂の結果に大きな差があることを考える。この要因としてまず、人体モデル配置数や開口が足りていない事が挙げられるが、その他の要因として、自然風の風向も大きく関わっていると考えられる。本研究の解析では風向が北北西であり、これは取り込んだ自然風がホール南側に向かって流れる向きである。さらに通気の解析により確認できたホールに発生する旋回流による影響もあり、流れ込んだ空気が中央部にたまりやすい状態になってしまっていると考えられる。

開口条件100%の気流解析の結果から得られた通風性能を考えると、この建築において空気の抜け道を作ることには容易なことである。ホール正面の窓に関してデザイン性を重視し締め切った状態で建物を利用するのではなく、状況に合わせて実用的に使用することで、この建築の隠れた性能を生かすことができ、現代でも影響力を持ち続けている建築としての現代における「自然との調和」が可能になるのではないかと考える。

旧山邑邸応接室について、開口率を変化させた解析では、解析結果を比較すると、開口率50%の時応接室南側で少し結果に差が生じたが、いずれも建築物衛生法におけるCO₂濃度基準値の1000ppmを下回っており、問題はないと言える。

なお、今回の解析ではモデルの都合上応接室のみの解析であり、また暖炉の影響を考慮していないため、空気質環境の観点から山邑邸を評価するには不十分であると考えられる。実際、この建築は室内換気に配慮して設計されている点もあり建物すべてを対象として解析をした時、よりライトの建築思想が見えてくるのではないかとと思う。実際に現地へ行くことができていないため、開口条件をさらに細かく変化させて解析を行い、また、さらにモデルを作り込むことによってより信憑性のある結果を得ることが必要であると考えられる。

今後の課題として、本研究ではF.L.ライトの建築について「自由学園明日館」と「旧山邑邸の応接室」の2建築における気流及びCO₂濃度の解析を行ったが、空気質環境の観点から評価するには不十分であると感じた。今回の解析では、温度の解析は行わなかったが、温度などの熱を考慮した解析だと、上昇気流の発生などにより気流も変化すると考えられる。そのため、温湿度も含めた解析を行い、総合的に考える必要があると感じた。また、開口率の条件設定をより細かく設定し、解析の試行回数を増やしていくことで最も適正と考えられる開口率を検討できるのではないかとと思う。また、非定常解析のサイクル設定に関して、本研究では、1秒=1サイクルで900サイクルの非定常解析より15分間の時間経過を見たが、さらにサイクル数を増やし解析時間を増やすことで、その

空間の気流特性をより理解し、また問題点の発見にも繋がるのではないかと考える。

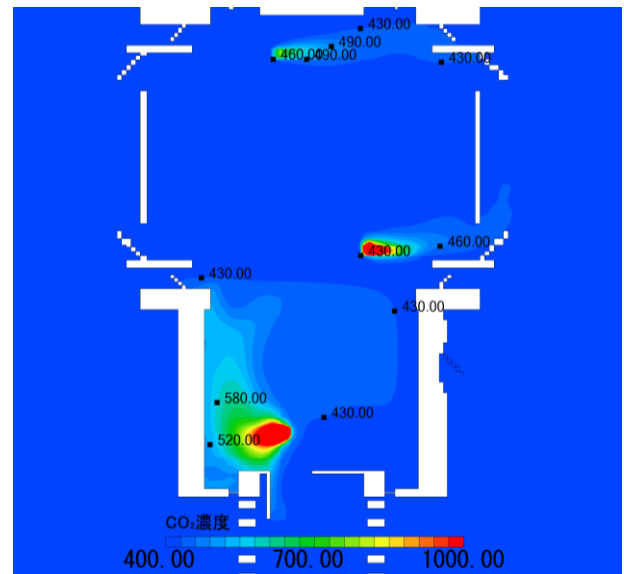


図9 旧山邑邸応接室解析結果 - 開口50%CO₂濃度

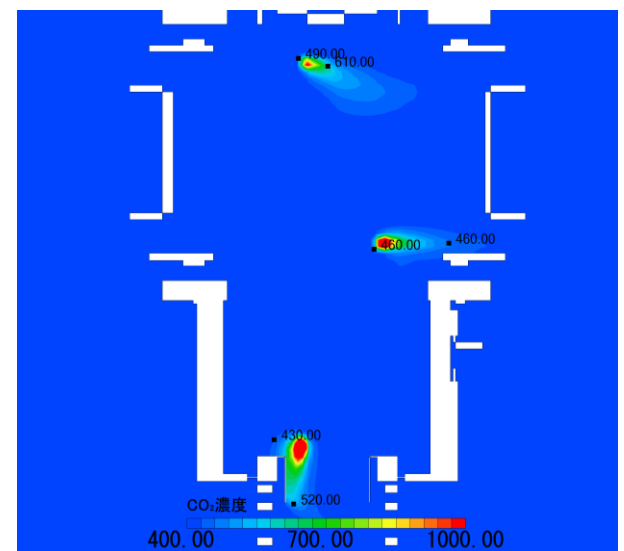


図10 旧山邑邸応接室解析結果 - 開口100%CO₂濃度

引用・参考文献

- 1) 建築デザインにおけるフラクタル性の研究(1):フランク・ロイド・ライトの有機的建築
- 2)重要文化財自由学園明日館の保存と活用 Dynamic conservation and practical use of Jiyu Gakuen Myonichikan, Important Cultural Property 2013年3月 杉江 夏呼
- 3) 谷川正己:自由学園明日館 東京 1921 フランク・ロイド・ライト, バナナブックス
- 4) 谷川正己:旧山邑邸 日本 1924 フランク・ロイド・ライト, バナナブックス
- 5) <https://ashiya-artfestival.com/yodoko/>
- 6) <https://appraw1.infoc.nedo.go.jp/nedo/top/top.html>より引用