

外96-50

早稲田大学大学院理工学研究科

博士論文概要

論文題目

建築内表面と室内機器との相互放射による
熱環境と熱負荷に関する研究

申請者
吉村 正孝

Masataka YOSHIMURA

1996年12月

近年の電気通信技術の進歩は著しく、従来のアナログで音声を伝えるだけであった電話から、画像などの大量のデジタルデータを高速に通信できるマルチメディア通信の時代へと大きく移り変わろうとしている。これらの通信を行うために必要な電話交換機をはじめとする通信機器類は、通信機器室に収容され、電子機器が適正に動作するよう、かつ所定の信頼性を確保できるよう、空調により厳格な温湿度コントロールがなされている。また、これらの室では保守員が作業を行うため、マンマシン室となっており、通信機器のためだけでなく、人間にも配慮した空調が必要となっている。従来、これらの室の空調設計は、一般に行われてきた主に事務室を対象とした空調設計と同様な手法が用いられてきていた。しかし、これらの設計手法、たとえば、基本となる空調負荷計算では、通信機器室とは室内機器等の状況が非常に異なる事務室の空間を計算対象として計算理論が構築されており、通信機器室の空調負荷をはじめとした熱的環境に適用する際には不十分であった。しかし、過去にこれらを対象とした研究はなされていなかった。

通信機器室の空調設計を適正に行うためには、その熱的環境を正確に把握することが必要である。本研究は、このような通信機器室内の各種熱的環境を正確に把握できる計算理論の構築を目的として行ったものである。

第1章では、「研究の目的および従来の研究」と題して、室内の熱的環境に関する過去の研究の文献を調査し、本研究の位置づけを明らかにした。室内の熱的環境に関する過去の研究は、室内に何も存在しないものとして研究されたものがほとんどであり、室内側熱伝達率のように空調負荷算定に大きな影響を与える要素についても、家具や機器等を考慮せず、閉鎖空間の壁面のみを考慮している。また、空調予冷予熱負荷に大きな影響を与える室内の熱容量についても、簡易な取り扱いをしている。さらに、室内相互放射に関する研究においても、家具や機器などの障害物を考慮したものは例がほとんどなく、一般的な解法は示されていない。さらに、空調負荷計算理論においても同様に、室内の家具や機器などを十分考慮したものは例がないこと、などがわかった。

以上のような文献調査より、室内の熱的環境において、室内機器などは、その影響の評価が十分になされていないこと、また、その計算理論も十分ではないことを指摘した。先に述べたように、通信機器室のような室の熱的環境では、室内機器などが通常の事務室より大きな影響を熱的環境に与えることが予想され、これらの研究の必要性を明らかにした。

第2章では、「通信機器室の熱的環境の実測と予冷予熱負荷計算理論の研究」と題して、実際の通信機器室を用いた室内側熱伝達率や室内の熱容量などの熱的環境要素の実測からその特性を明らかにし、これらの特性が大きな影響を与える空調予

冷予熱負荷の計算理論を示した。実際の通信機器室の熱的環境の実測結果から、室内側熱伝達率の変動が大きいことや、放射熱伝達が従来の方法では十分に表現できないこと、また通信機器などの熱容量が従来の方法では過大になること、などの通信機器室の熱的環境の特性が得られた。これらの結果に基づき、室内側熱伝達率や室内機器の熱容量が影響を与える空調予冷予熱負荷の計算理論について検討を行い、これまでの計算方法では、特に冬期の予熱負荷の算定上大きな誤差を生ずることを明らかにした。また、一般に用いられる応答係数法による予冷予熱負荷計算において、この誤差を小さくし精度良く求める方法を明らかにした。

以上の研究により、通信機器室の熱的環境の特性が明らかとなり、その特性を空調予冷予熱負荷の計算に適用し、その計算理論上の問題点を抽出し、その解決法を示すことができた。ここで述べた予冷予熱負荷の計算理論は、通信機器室に限らず一般の事務室などにも適用できるものである。

第3章は、「通信機器室の壁面間の形態係数算定法に関する研究」と題し、通信機器室の放射環境の把握に不可欠な2面間に障害物がある場合の形態係数の算定方法について明らかにした。過去の室内相互放射の研究は、室内に機器等が存在しない場合を対象に行われてきていた。これは、2面間に障害物がある場合の形態係数の算定が困難な課題であったことが大きな理由である。通信機器室内の放射環境を考える場合、壁面間に存在する機器を考慮する必要があり、この形態係数の算定が不可欠である。この研究では、2面間に障害物がある場合の形態係数を数値積分で求める計算理論を示し、その計算誤差が実用上十分であることを明らかにした。また、この方法はかなりの演算を要するため、2面間の障害物の基本的な配置パターンで簡単に図表から形態係数を求めることができる簡易図表化、さらに、入隅部等を有する複雑な建築空間の形態係数の算定への応用を示した。

以上の研究により、通信機器室の放射環境の把握に不可欠な、2面間に障害物がある場合の形態係数の一般的な計算理論を明らかにすることができた。この方法を用いることにより、従来求められなかつた2面間の障害物の影響や複雑な形状の建築空間の放射環境の把握が可能となった。

第4章は「通信機器室の室内相互放射に関する計算理論の研究」と題して、まず、通信機器室を模したモデル実験により、室内相互放射環境に与える通信機器の影響を測定結果から明らかにした。また、第3章で示した形態係数を用いて、通信機器などの存在を考慮した室内相互放射の計算理論を明らかにした。この計算理論は、正確で精度よい方法であるが、障害物を考慮した形態係数の計算が煩雑で、かつ、かなりの演算量を必要とするため実用的とは言い難い方法である。そこで、モデル実験結果を参考にして、室内相互放射環境に与える通信機器の影響を、簡易な

パラメータとして表す方法を明らかにした。この方法では、2面間の放射を遮蔽する比率をパラメータとして与えるため、障害物を考慮した形態係数を求める必要はなく、非常に実用的な方法である。このパラメータは、先に示した正確な計算理論に基づき、求めることが可能であることを示した。また、この近似的な方法と正確な方法との比較から誤差の検討を行い、通信機器室のように機器が偏りなく存在している場合には十分な精度が得られることを示した。さらに、実測結果との比較により、これらの計算理論の妥当性を明らかにした。

以上の研究により、通信機器室の室内相互放射を正確に求める計算理論と、簡易なパラメータを用いた近似的な計算理論を明らかにすることができた。この研究により、必要な精度に応じた通信機器室内の室内相互放射の計算が可能となった。また、これらの計算理論は、複雑な形状の事務室の放射環境の把握などにも適用が可能である。

第5章は、「通信機器室の空調負荷計算法に関する計算理論の研究」と題して、事務室などとは異なる通信機器室の室内相互放射環境が空調負荷算定にどのような影響を与えるか定量的に示し、この影響を従来の空調負荷計算理論に組み込む方法を明らかにした。空気調和・衛生工学会の標準計算法である応答係数法による動的負荷計算法では、室内相互放射による熱移動の効果を冷房負荷重み係数により表す方法を用いている。この重み係数は室内に機器などが存在しない場合に基づき求められたものであるため、第4章で示した室内相互放射計算法に基づき室内機器などを考慮した冷房負荷重み係数を求め、従来用いられてきた値との相違を明らかにした。この場合にも、正確な方法と簡易なパラメータとして表す近似方法を示し、近似方法の有効性を明らかにした。また、この重み係数を用いた場合の空調負荷を求め、通信機器室の空調負荷と事務室などの空調負荷の特性の相違を明らかにした。

以上の研究により、通信機器室のように室内機器などの存在を考慮する必要がある場合でも、その冷房負荷重み係数を変更することで、一般に用いられてきた応答係数法による空調負荷計算法を用いて、空調負荷を精度良く求められる計算理論を明らかにすることができた。これは、従来の空調負荷計算法の適用対象を大きく広げることになるものである。

第6章は「総括結論と今後の展望」と題して、各章の結論を要約した上で、この研究の残された課題と、今後の展開・応用が考えられる展望を示した。残された課題としては、室内相互放射計算で用いたパラメータをより一般化することなどがあげられる、また、今後は、複雑な空間での放射冷暖房の設計への応用や最近の事務室におけるパーティションと人体との放射環境の分析など、多方面への展開・応用が可能であることを示した。