

論文審査の結果の要旨および担当者

| | |
|------|---------------|
| 報告番号 | ※ 甲 第 14698 号 |
|------|---------------|

氏 名 表 英 毅

論 文 題 目

非地上系ネットワークを対象とした電波伝搬測定と国際標準電波伝搬モデルの構築

(Radiowave propagation measurements for non-terrestrial networks and construction of international standard radiowave propagation models)

論文審査担当者

| | | | | |
|----|--------|--------------|-----|-------|
| 主査 | 名古屋大学 | 教養教育院 | 教授 | 山里 敬也 |
| 委員 | 名古屋大学 | 未来材料・システム研究所 | 教授 | 片山 正昭 |
| 委員 | 名古屋大学 | 工学研究科 | 教授 | 長谷川 浩 |
| 委員 | 名古屋大学 | 未来材料・システム研究所 | 准教授 | 岡田 啓 |
| 委員 | 千葉工業大学 | 工学研究科 | 教授 | 中林 寛暁 |

論文審査の結果の要旨

表 英毅君提出の博士論文「非地上系ネットワークを対象とした電波伝搬測定と国際標準電波伝搬モデルの構築」は成層圏プラットフォーム（HAPS）を用いたネットワークを代表とする非地上系ネットワークを対象とした電波伝搬環境における電波伝搬モデルの開発について、その伝搬測定からモデル化までの詳細について述べている。

主な成果としては、第一にHAPSで想定される電波伝搬環境に対する電波伝搬特性の解明を目的として、ヘリコプター等の模擬成層圏環境や実際の成層圏環境からの電波伝搬損失特性を複数のエリアで実施し、植生による電波伝搬損失に対する電波伝搬モデルの対象エリアの拡張、市街地や郊外地における地物によるクラッター損失に対する電波伝搬モデルの開発、屋外から屋内へ電波が侵入する場合の屋内侵入損失に対する電波伝搬モデルの開発および高仰角に対応した人体遮蔽損失に対する電波伝搬モデルの開発である。

第二に一部の特性についてHAPSを対象として開発した電波伝搬モデルを他のNTNへも適用できるように拡張を図ることを目的とし、新たな環境で追加測定を実施して、新たなクラッター損失モデルとサイトスペシフィックな屋内侵入損失モデルについて述べている。

第三にHAPS電波伝搬モデルのITU-R勧告P.1409-1の改訂を目的とし、ITU-R勧告P.1409-1に既に含まれている電波伝搬環境と含まれていない電波伝搬環境を整理して、含まれている電波伝搬環境に対してはその適用方法を明確化すると共に、含まれていない環境として著者が開発した各環境における電波伝搬モデルをITU-R勧告P.1409-1及びその関連勧告に追加・改訂するための国際標準化活動を実施し、干渉検討用電波伝搬モデルの国際標準化について述べている。

各章の概要は以下の通りである。

1章では、本研究の背景としてNTN、HAPS、そしてHAPS対応電波伝搬モデルの開発と国際標準化が必要な背景について述べた。さらに、HAPS対応電波伝搬モデルの国際標準化の過程で開発した電波伝搬モデルの一部がHAPSだけでなく他のNTNにも適用できるよう拡張するに至った経緯を述べた。

2章では、HAPSに必要な電波伝搬特性と電波伝搬モデルについて述べた。

3章では、HAPS対応電波伝搬モデルの解明について述べた。また、著者が開発した各環境における電波伝搬モデルについて述べた。クラッター損失については、成層圏環境を含む様々な環境における0.7、1.5、3.3、5.7GHzを用いた測定結果に基づき、既存のモデルでは適用範囲外である10GHz以下の周波数に対応し、見通し率と遮蔽建物高を考慮した新しいクラッター損失モデルを開発した。

また、提案モデルは様々な環境に対して有効であること示した。

屋内侵入損失については、システムデザイン用電波伝搬モデルとして、より詳細なパラメータに対応した屋外から屋内へのサイトスペシフィックな侵入損失モデルを作成するために、電波伝搬測定を実施し、その解析結果から、仰角や屋内侵入距離に加えて、屋内の部屋の横幅や、屋内で透過する壁の枚数も電波伝搬損失に影響を与えることを特定した。

植生損失については、異なるエリア、異なる季節で電波伝搬測定を実施してITU-R勧告P.833-9を基に新たな植生損失モデルを開発した。このモデルはITU-R勧告P.833-9には定義されていない季節も特定して推定を行うことができる。

人体遮蔽損失については、まず、人体を模擬したファントムを用いて、到来パスが一つである場合の基本的な人体遮蔽損失を測定した。基本的な人体遮蔽損失は、主にLOS環境等が対象となる。次に、都市部や住宅地などのマルチパスがある環境を対象とした人体遮蔽損失モデルを開発するために、実環境において電波の垂直及び水平方向の到来角度特性を測定した。この測定結果を、基本的な人体遮蔽損失と重畳することでマルチパスがある場合の人体遮蔽損失モデルを開発した。

4章では、HAPSだけではなく他のNTNへの適用を目的とした一部の電波伝搬モデルの拡張について述べた。

クラッター損失モデルについては、10GHz以下を対象としたHAPS対応クラッター損失モデルを拡張することを目的として、29.3GHzでの追加測定と地上局高が遮蔽建物高よりも低い場合から高い場合まで含めた環境における追加測定を実施しHAPS以外のNTNに対応した新たなモデルを開発した。屋内侵入損失については、29.3GHzで実施した新たな測定結果を解析し、HAPSだけではなく他のNTNへも対応し、詳細なエリア設計にも適用できる新たなサイトスペシフィックモデルを開発した。このモデルは、上空からのパスだけではなく地上からのパスにも適用できる。

最後にAppendixに、ITU-Rの構成と干渉検討用HAPS電波伝搬モデルの国際標準化の経緯について述べた。この国際標準化の達成は、HAPSの事業展開を目指す世界の事業者にとって大きな一歩である。具体的には、HAPSの商用化を目指している世界各国の事業者は、この電波伝搬モデルを活用することで、電波干渉の影響などを踏まえ、既存の無線通信システムとの周波数の共用・共存の検討や、HAPSを活用した無線通信システムの設計を効果的に行うことができるようになった。

以上のように、本論文では、成層圏プラットフォーム（HAPS）を用いたネットワークを代表とする非地上系ネットワークを対象とした電波伝搬環境における電波伝搬モデルの開発について、その伝搬測定からモデル化までの詳細について述べている。とりわけ、ヘリコプター等の模擬成層圏環境や実際の成層圏環境からの電波伝搬測定、植生による電波伝搬損失に対する電波伝搬モデルの対象エリアの拡張、市街地や郊外地における地物によるクラッター

論文審査の結果の要旨

一損失に対する電波伝搬モデルの開発、屋外から屋内へ電波が侵入する場合の屋内侵入損失に対する電波伝搬モデルの開発、および高仰角に対応した人体遮蔽損失に対する電波伝搬モデルの開発については、いずれも学術的価値が極めて高い。さらに、開発したモデルをITU-Rにおいて干渉検討用のHAPS対応電波伝搬モデルとして国際標準化しており、被干渉側と与干渉側で統一した評価が求められる非地上系ネットワークにおいて、提案されている電波伝搬モデルの有用性は非常に高い。以上のことから、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である表 英毅君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。