

電波利用に係る課題等に関する経済学的観点 を踏まえた調査研究

令和 6 年 7 月 22 日
株式会社情報通信総合研究所

背景・目的

5Gによる高速・大容量通信の実現とともにXRやメタバース等の仮想空間サービス、生成AI、IoT等のデジタル技術の活用がより一層進展している。さらに、Beyond 5G（6G）やWeb3（Web3.0）が注目されるようになり、電波利用の形は今後も変化していくことが予想される。

このような状況において、先端技術・サービスの動向を踏まえつつ、電波利用の在り方を検討していくことが重要であり、電波利用に係る現状や課題、先端技術・サービスの動向等について整理し、経済学的な観点も踏まえた考察を行うことにより、電波の有効利用に向けた制度整備や政策の企画・立案等に資することを目的とする。

調査研究の概要

(1) 5Gの普及状況に係る実証分析

- ・ 都道府県別の5G人口カバー率と地域特性（人口、人口密度、市部人口率、高齢化率等）との関係进行分析
- ・ 通信事業者各社が公表している5Gの実効速度計測結果と人口データ（モバイル空間統計）との関係进行分析

(2) モバイルネットワークの技術動向等に関する調査

- ・ 5G/6Gネットワークにおける負荷分散対策に係る技術動向
- ・ Web3を念頭に、アプリケーション側の変化によって生じるネットワーク負荷の課題の違い 等

(3) 地域DX推進に向けたモバイルネットワークに関する課題等に関する調査

- ・ 各々の無線通信規格（4G-LTE、5G、ローカル5G、Wi-Fi、LPWA、sXGP、業務用無線）の特徴を整理
- ・ それぞれの無線通信規格におけるメリット/デメリット、研究開発動向、複数の無線通信規格を組み合わせたネットワークを構築することの有用性、課題等について整理

5Gや地理的特性等に関するデータを収集し、5G展開の傾向や実態について検証する。

分析①：5G人口カバー率に関する検証

- 通信事業者は5Gサービスの利用者が多いと想定される都市部を中心に5G基地局の整備を進めていると考えられるため、人口や人口密度が5G人口カバー率に関係していると想定されるものの、5Gの普及状況によってその関係性は変化することも予想される。
- そこで、2年分の都道府県別の5G人口カバー率データを用いて5G人口カバー率と各要素（人口、人口密度、市部人口率、高齢化率等）との関係を分析する。

被説明変数

<都道府県別>

- 5G人口カバー率

説明変数

<地域特性>

- 昼間人口
- 夜間人口
- 人口密度
- 市部人口率
- 高齢化（65歳以上）率

<ICT>

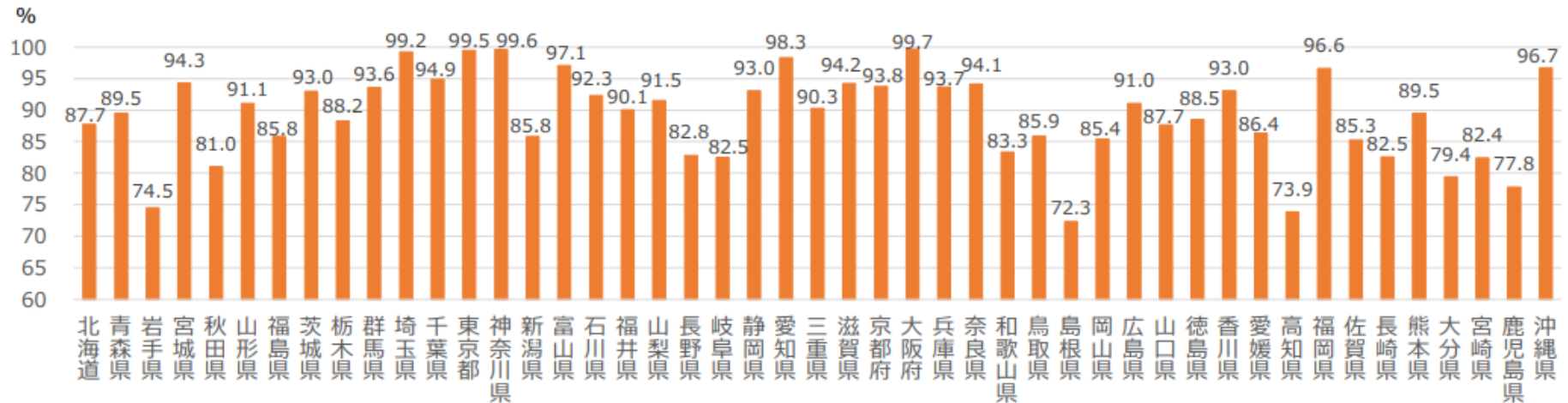
- スマホネット利用率
- FTTH世帯カバー率

利用データ

- 都道府県別の5G人口カバー率
総務省「5Gの整備状況（令和4年度末）」
総務省「5Gの整備状況（令和3年度末）」
- 昼間人口、夜間人口、人口密度、高齢化率
総務省「日本の統計2022～2024」
- 市部人口率
総務省「人口推計」、国土交通省国土地理院「全国都道府県市区町村別面積調」
- FTTH世帯カバー率
総務省「ブロードバンド基盤の整備」

都道府県別の5G人口カバー率

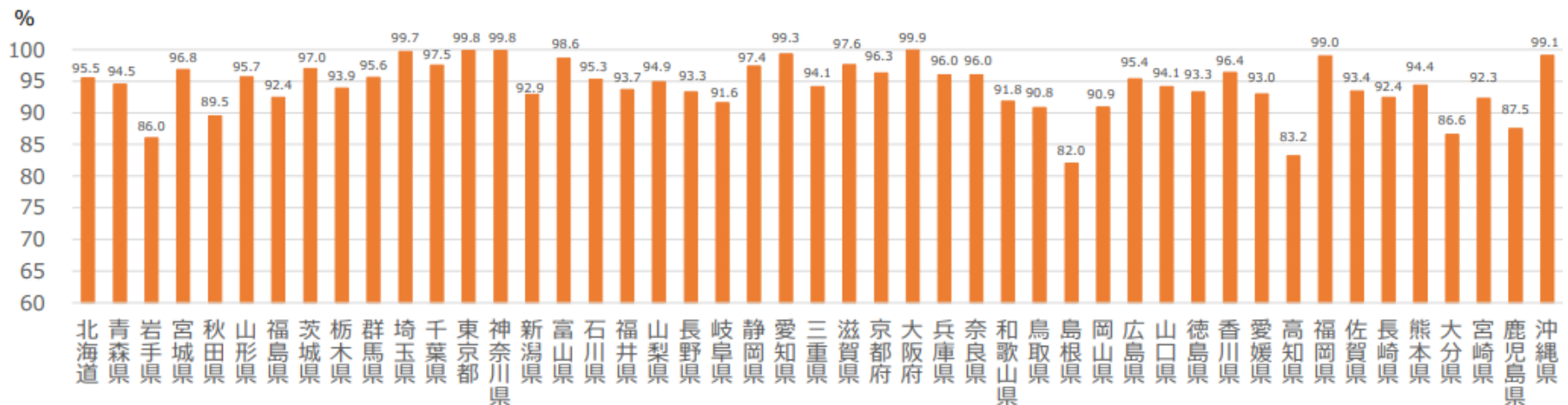
(2022年3月末)



出典：総務省「5Gの整備状況（令和3年度末（2021年度末））」
https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000561.html

都道府県別の5G人口カバー率

(2023年3月末)



出典：総務省「5Gの整備状況（令和4年度末（2022年度末））」
https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000612.html

各事業者から報告されたメッシュ単位のデータをもとに事業者重ね合わせのデータを作成し、カバー率を算出している。
 ※各メッシュについて、4社のうち1社でもカバーしていれば、他の3社が0%でも、そのメッシュは100%としている。

(1) 5Gの普及状況に係る実証分析：分析結果①

5

- 分析の結果、いずれのモデルでも人口密度がプラスに有意、高齢化率がマイナスに有意となり、人口の多さよりも人口が集中しているエリアを中心に敷設されている傾向が確認できる。
- また、早期（2022年）の方が推定された係数が大きく、より大きく影響していたと言える。
- 基地局の敷設が進むに連れて地域特性の影響が弱まるため、普及初期ほどルールやインセンティブが重要になると言える。

5G人口カバー率 (2022年)

被説明変数 説明変数	5G人口カバー率 (2022) モデル(1)	5G人口カバー率 (2022) モデル(2)	5G人口カバー率 (2022) モデル(3)	5G人口カバー率 (2022) モデル(4)
ln(夜間人口)	0.46 (0.34)	1.67 (1.38)	5.91 (4.60) ***	- (-)
ln(人口密度)	4.87 (4.67) ***	- (-)	- (-)	3.19 (2.94) ***
高齢化率	- (-)	-1.33 (-4.42) ***	- (-)	-0.77 (-2.20) **
市部（市と特別区）人口率	- (-)	- (-)	-0.10 (-0.66)	- (-)
定数項	57.63 (8.54) ***	118.02 (6.91) ***	53.46 (4.84) ***	94.86 (5.76) ***
サンプルサイズ	47	47	47	47
Adj R-squared	0.5671	0.5515	0.3584	0.6089
MAX VIF	2.55	1.95	1.54	3.06

それぞれ左から係数、t値、p値

(注) *有意水準10%、**有意水準5%、***有意水準1%

5G人口カバー率 (2023年)

被説明変数 説明変数	5G人口カバー率 (2023) モデル(1)	5G人口カバー率 (2023) モデル(2)	5G人口カバー率 (2023) モデル(3)	5G人口カバー率 (2023) モデル(4)
ln(夜間人口)	0.99 (1.14)	1.36 (1.82) *	3.89 (5.22) ***	- (-)
ln(人口密度)	2.30 (3.43) ***	- (-)	- (-)	1.60 (2.28) **
高齢化率	- (-)	-0.70 (-3.75) ***	- (-)	-0.51 (-2.24) **
市部（市と特別区）人口率	- (-)	- (-)	-0.12 (-1.29)	- (-)
定数項	73.50 (17.09) ***	105.68 (10.03) ***	75.04 (11.66) ***	100.87 (9.46) ***
サンプルサイズ	47	47	47	47
Adj R-squared	0.5064	0.5259	0.3970	0.5439
MAX VIF	2.56	1.97	1.54	3.06

それぞれ左から係数、t値、p値

(注) *有意水準10%、**有意水準5%、***有意水準1%

5Gや地理的特性等に関するデータを収集し、5G展開の傾向や実態について検証する。

分析②：5Gの実効速度に関する検証

- 5Gについては、4Gまでに比べて「高速大容量」、「超低遅延」、「多数同時接続」という3つの特徴を持っている。その中の「高速大容量」については、利用者が最もメリットを享受しやすいものであり、可能な限り高い品質を実現することが望まれる。
- 5Gを利用する人が増えることで通信速度が低下することが考えられるため、実効速度の計測結果を用いて実態を検証する。

被説明変数

<エリア別>

- ダウンロード実効速度

説明変数

<人口>

- 総人口
- 30代以下人口
- 40～60代人口
- 70代以上人口

<エリア特性等>

- 周波数（ミリ波、サブ6、5G NR）
- エリア（東京23区か否か）

利用データ

- NTTドコモ「実効速度計測結果」
- KDDI「実効速度計測結果」
- ソフトバンク「実効速度計測結果」
※公表されている実効速度計測結果の内、NW種別が「5G」であるものを利用する。
- ドコモ・インサイトマーケティング「モバイル空間統計」
※選択した計測場所、計測日時に対応した人口データ（年代別）を利用する。

- 各社が公表している測定地点については、政令指定都市、県庁所在地（東京都特別区を含む）を人口規模で3つに分類（「人口100万人以上」「人口50万人以上100万人未満」「人口50万人未満」）し、各分類から各々3都市および東京都特別区を選定し、合計10都市（1,500カ所）をランダムに選定している。
- 今回は、複数キャリアの測定結果が公表されている地域（着色部分）から200地点を抽出することとし、東京23区で100地点、それ以外で100地点をランダムに抽出した。

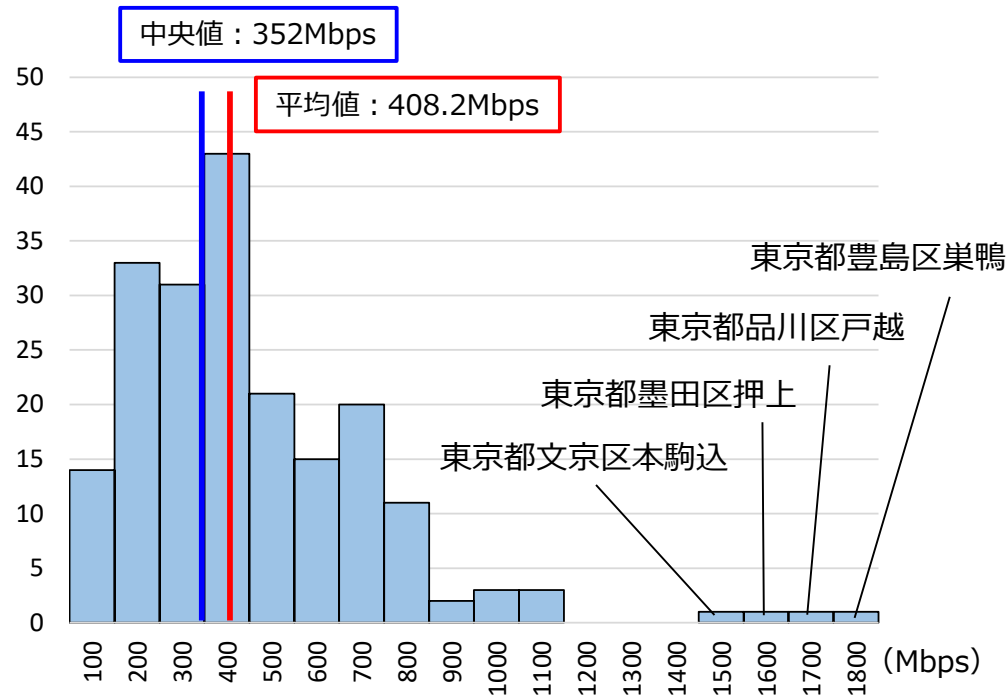
	NTTドコモ	KDDI	ソフトバンク
札幌市		○（150地点）から8地点	○（150地点）から7地点
秋田市	○（70地点）から8地点		○（70地点）から5地点
山形市	○		
新潟市		○（70地点）から5地点	○（70地点）から5地点
さいたま市			○
東京23区	○（710地点）から34地点	○（730地点）から33地点	○（740地点）から33地点
水戸市		○	
名古屋市	○		
京都市		○	
神戸市	○		
和歌山市	○		
堺市			○
岡山市	○		
松江市			○
広島市	○（90地点）から10地点	○（90地点）から7地点	○（90地点）から6地点
高松市		○	
松山市	○（70地点）から8地点	○（70地点）から3地点	
佐賀市		○（70地点）から5地点	○（70地点）から4地点
熊本市	○（70地点）から8地点	○（70地点）から5地点	○（70地点）から6地点

（注）
5G基地局がSA（スタンドアローン）か
NSA（ノン・スタンドアローン）なのかにつ
いては、記載がないため判定できない。

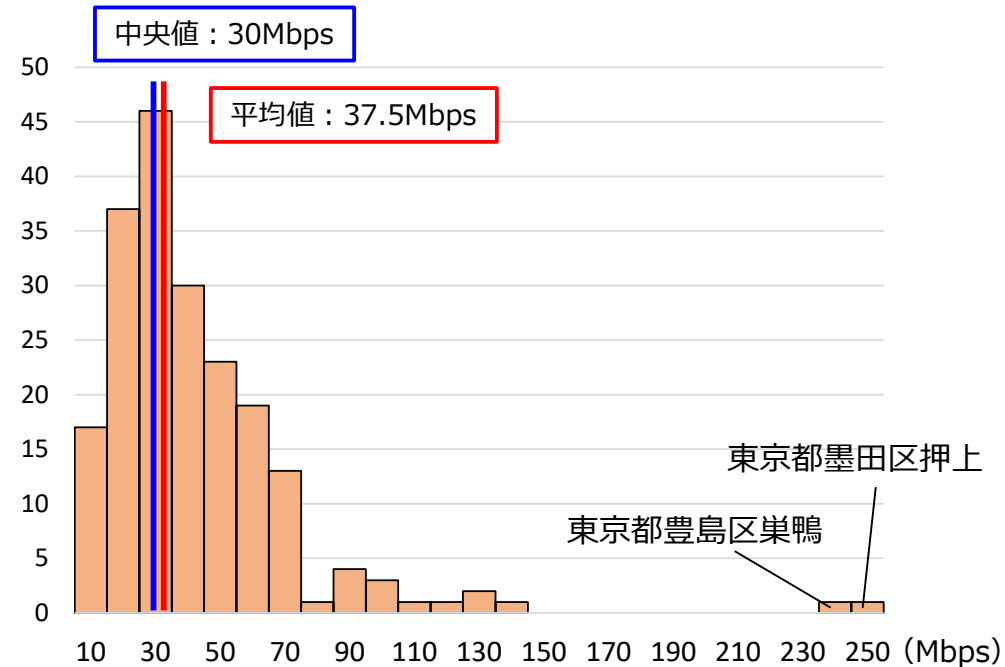
SA：5G専用の独立したネットワーク構成
NSA：従来の4Gとネットワーク設備を共
有したネットワーク構成

- 今回抽出した200地点の速度分布は下図のとおり。
- 下り（ダウンロード）速度については、平均408.2Mbps、中央値は352Mbps
- 上り（アップロード）速度については、平均37.5Mbps、中央値は30Mbps

下り速度

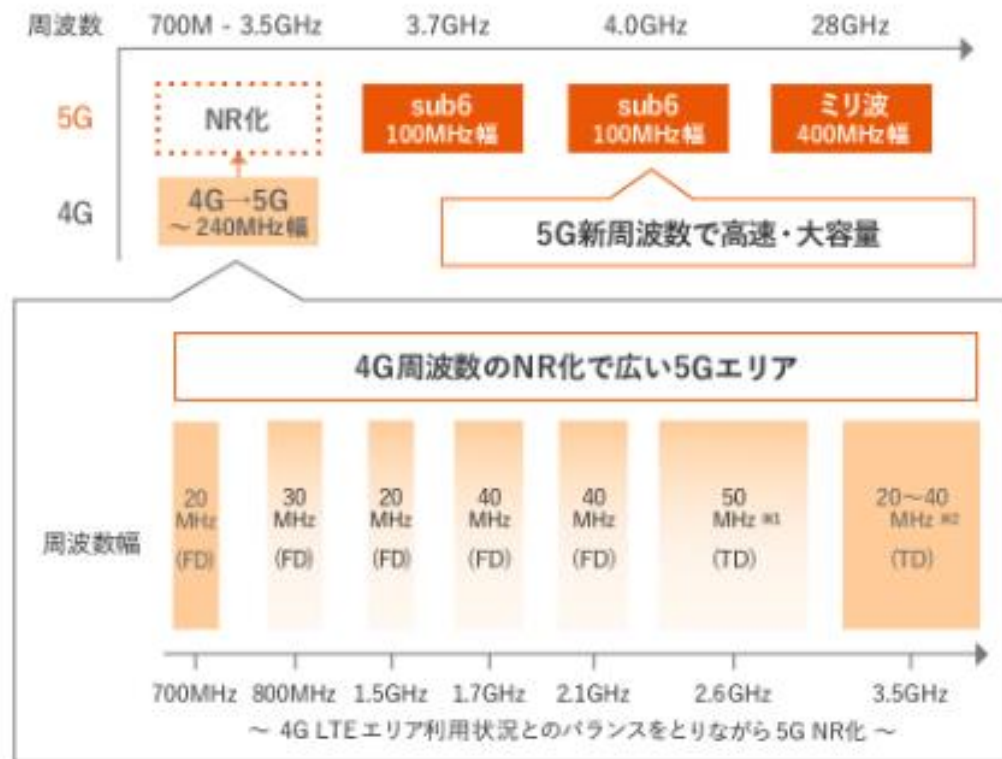


上り速度

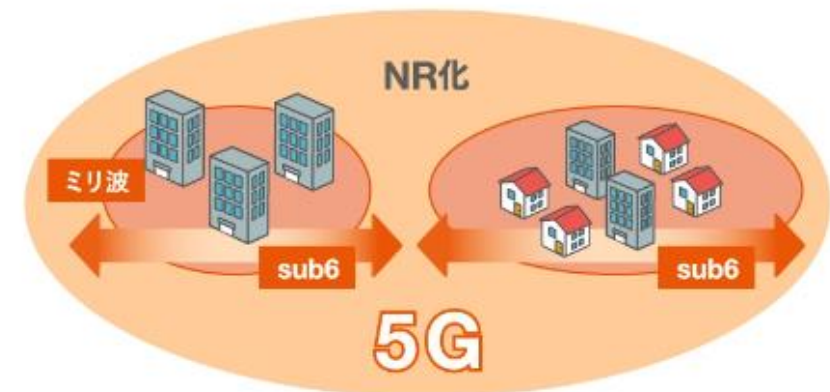


- 5Gでは、ミリ波・サブ6（sub6）・NR化の3種類の周波数帯域が活用されている。

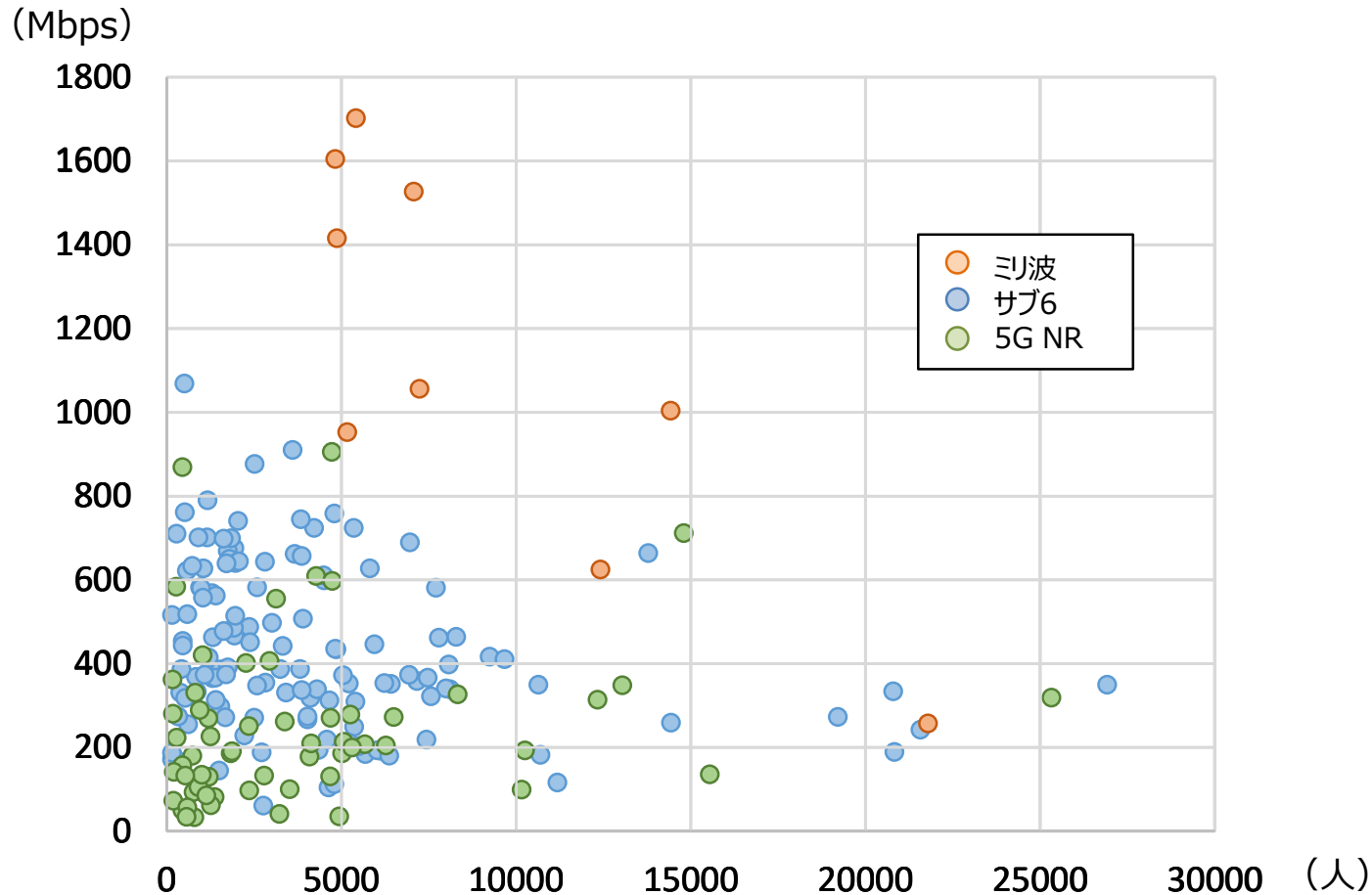
ミリ波	28GHz帯の周波数を利用。400MHzの帯域幅で高速・大容量通信が可能。
サブ6（sub6）	3.7～4.5GHz帯の周波数を利用。100MHzの帯域幅で高速・大容量通信が可能。
5G NR（NR化）	4G LTEの周波数を利用。NR規格（※）を適用して5Gに利用。既存の基地局設備を活用することで、より早く5Gエリア化が可能。 （※）NR：New Radioの略称。第五世代移動通信システム向けに3GPP：3rd Generation Partnership Project（移動通信標準化プロジェクト）にて定められた携帯電話通信規格標準。



周波数の特性を活かした5Gエリアの構築



- 総人口と実効速度との関係について、周波数帯域別にみるとミリ波、サブ6、5G NRの順に速度が速くなっており、同一周波数では、人口が多いほど実効速度が下がる傾向もみられる。



(注) 周波数帯域については、NTTドコモは2024年2月時点、KDDIは2023年12月時点、ソフトバンクは2024年1月時点であり、一定の推測を含む。

- 分析の結果、いずれのモデルでも周波数、エリアは有意となっており、現状においてはこれらの要素がダウンロード速度のかなりの部分を左右していると言える。
- また、総人口については、いずれのモデルでもマイナスに有意となっており、人口が多いほどダウンロード速度が遅いと解釈できる。その程度については、当該エリアにおける人口が10,000人増えると100Mbps低下する（※10,000人すべてが5Gを利用しているわけではない点には留意を要する）。
- サブ6を利用することで5G NRと比較して100～200Mbps早くなると解釈でき（ミリ波はそれ以上）、5Gのメリットをより享受するためにはサブ6やミリ波の拡大が望まれる。

説明変数 \ 被説明変数	ダウンロード速度	ダウンロード速度
	モデル(5)	モデル(6)
総人口	-0.013 (-3.41) ***	-0.009 (-2.80) ***
ミリ波ダミー	917.13 (11.93) ***	926.04 (11.98) ***
サブ6ダミー	184.98 (5.66) ***	186.49 (5.67) ***
東京23区ダミー	68.43 (1.92) *	- (-)
定数項	268.51 (8.71) ***	284.05 (9.49) ***
サンプルサイズ	200	200
Adj R-squared	0.4299	0.4221

それぞれ左から係数、t値、p値

(注) *有意水準10%、**有意水準5%、***有意水準1%

(注1) ミリ波ダミー、サブ6ダミーについては、5G NRと比較した場合の影響を意味している。

(注2) 東京23区ダミーについては、東京23区以外と比較した場合の影響を意味している。