ダイナミックマップの
効率的な流通へ向けて

平成３１年３月

株式会社 NTT ドコモ

目　次

第 1 章 はじめに 1

1 本書策定の背景と目的 1
2 適用範囲・想定するシステム 2
3 用語の定義 3

第 2 章 ダイナミックマップの配信 4

1 システム全体構成の考え方 4
2 ダイナミックマップ配信単位の考え方 5
3 静的情報（ルートプラン）の配信 6
4 静的情報（パスプラン）の配信 7
5 準静的・準動的情報の配信 8

第 3 章 周波数の有効利用方法 9

1 無線通信の考え方 9
2 無線通信方法 10

参考：実証実験の実施概要 12

1 自律型モビリティの処理シーケンス 12
2 ダイナミックマップ配信の流れ 14
3 ネットワーク負荷 15
4 サービス成立時間 15
5 配信データサイズ 16
6 携帯電話システムと無線 LAN システムの利用 17
7 動的切替技術および同時通信技術による削減量 18

本書は、総務省による平成 28 年度自律型モビリティシステム（自動走行技術、自動制御技術等）の開発・実証、および平成 29 年度、平成 30 年度自律型モビリティシステムの研究開発の成果を元に作成したものである。

第1章　はじめに

1　本書策定の背景と目的

自律型モビリティを実現するには、車両側の機能だけでなく、高度地図データベース（ダイナミックマップ）が必要であり、これらを遅滞なく車両に配信する必要がある。

現在、日本には約 8,000 万台（自動車保有車両数統計、国土交通省）の車両が存在し、これらの膨大な数の移動体が、無線通信を介して、高度地図データベースのようなリッチコンテンツをリアルタイムにやり取りするようになった場合には、膨大な通信需要が生じることが想定されるだけでなく、一斉にリクエストが行われることにより、センタ処理に時間がかかりレスポンスの低下が予想される。

この膨大な通信需要を携帯電話システムのみでカバーしようとした場合、携帯電話網の通信トラヒックは逼迫し、自律型モビリティだけでなく、既存の携帯電話利用者のサービスレベル低下も懸念される。さらに自律型モビリティは様々な速度で移動と停止を繰り返して目的地へと走行するが、高速移動時に携帯電話システムでの通信ではスループットが出にくく、リッチコンテンツの配信が困難である。

このようなリッチコンテンツを膨大な数の移動体に配信するにあたり、通信事業者として通信トラヒックを逼迫させないための仕組みを検討する必要がある。

そこで本書では、図 1 の通り、利用者の車両に対してダイナミックマップの配信を行う事業者（コンテンツプロバイダー）を読み手の対象としている。本書では、コンテンツプロバイダーに対して、コンテンツ配信の仕組みを構築する際に通信トラヒックを考慮したシステム構成となるよう、十分な検討を促すものである。

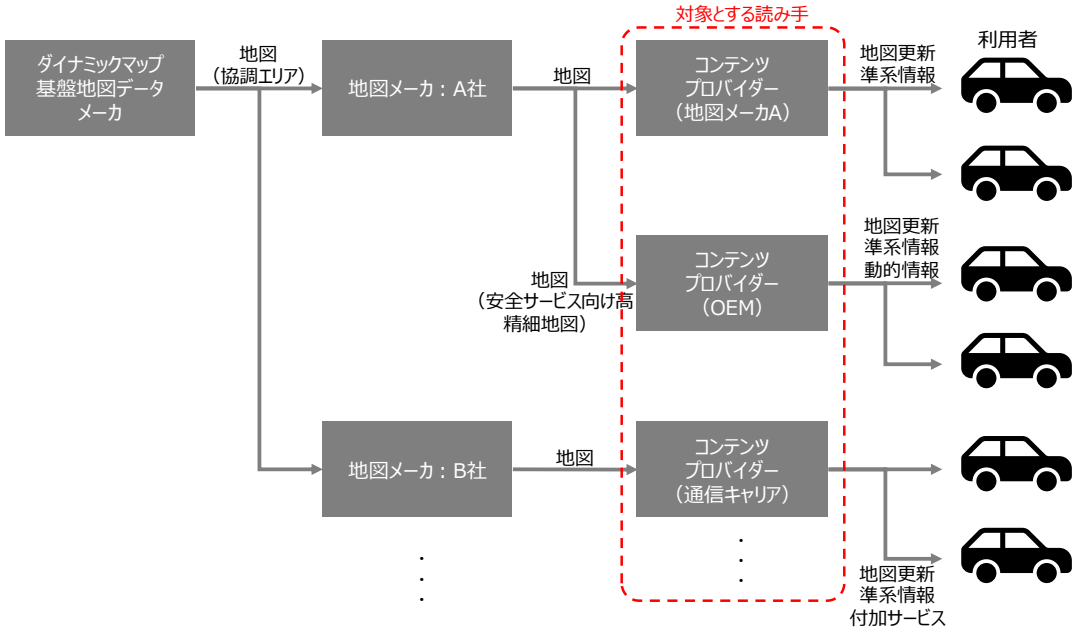

図 1　ダイナミックマップの流通網

2　適用範囲・想定するシステム

本書が対象とする範囲は、ダイナミックマップの生成から個車への配信までの流通網のうち、図 2 の赤点線枠に示す配信部分を適用範囲とする。

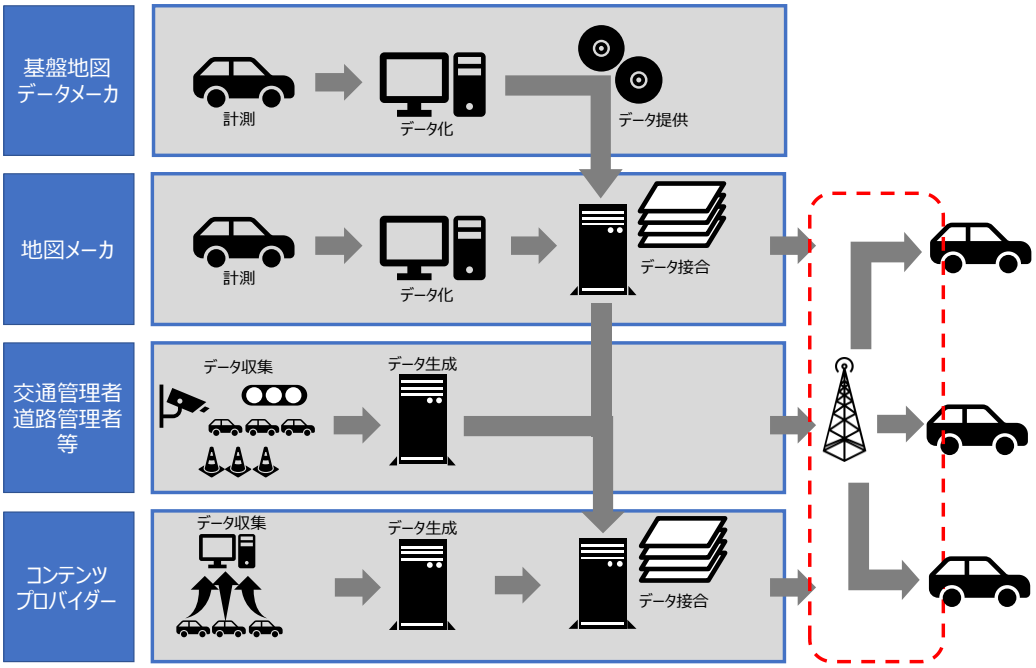

図 2　想定するシステムと適用範囲

3 用語の定義

本書では、断りのない限り以下の通りとする。

用語	概要
自律型モビリティ	自車が検知した情報やネットワークを介して受信した情報等に基づき、自律的に移動を制御することができるモビリティシステム（自動車等）
ダイナミックマップ	高精度 3 次元地図に、静的情報、動的情報、準系情報（準動的情報、準静的情報）を組み合わせた地図情報で、自動運転を実現するための技術
SIP (Strategic Innovation Promotion Program)	内閣府により実施されている戦略的イノベーション創造プログラムのこと
コンテンツプロバイダー	ダイナミックマップを利用者の自律型モビリティに対して配信するプロバイダーのこと
ルートプランニング	自律型モビリティが出発地から目的地までの経路を決定すること
パスプランニング	自律型モビリティがルート上のどの車線を走行するかを決定すること
差分配信	ルート決定に必要な車道情報を含む静的情報のうち、前回配信以降に更新された差分のみを配信する方式
分割配信	走行する車線の決定に必要な車線情報を含む静的情報や準系情報を、自律型モビリティの移動に応じて適切なタイミングで必要なデータのみ配信する方式
エリア	ダイナミックマップの管理区分単位の一つ。携帯電話基地局がカバーできる範囲に区分けしたもので、1 辺が 1km の正方形（1 平方 km）
メッシュ	SIP で定義されたダイナミックマップの管理単位である 5 秒メッシュのこと。5 秒メッシュはエリアを区分けしたもので、緯度方向に 154.32m、経度方向に 124.85m の長方形
地物	SIP で定義されたダイナミックマップの管理区分の最小単位。例えば停止線、ガードレールなど
AP（Access Point）	無線 LAN システムの基地局
UE（User Equipment）	自律型モビリティに搭載される無線 LAN システムの端末

第2章　ダイナミックマップの配信

1　システム全体構成の考え方

- 最初にも述べたとおり、日本には約 8,000 万台の車両が存在しており、これらの膨大な数の移動体が、一斉にダイナミックマップ配信のリクエストをした場合、有線通信ネットワークを通じてダイナミックマップが管理されているクラウドにアクセスする一般的なサーバ構成では、リクエスト処理が間に合わず、レスポンスの低下が発生してしまう。
- そこで、ダイナミックマップの配信にあたっては、クラウドと端末である自律型モビリティの間にエッジサーバを設置し、クラウドーエッジサーバ間には有線通信ネットワークを利用し、エッジサーバー自律型モビリティ間には無線通信ネットワークを用いるシステム構成とすることが望ましい。
- エッジサーバを携帯電話基地局単位で設置することで、ダイナミックマップの膨大な静的情報をエッジサーバ単位で管理することが可能となり、ダイナミックマップの分散管理にも効果的となる。
- 既存の ITS システムでは都道府県単位でデータ管理をしている事例があることを踏まえ、ダイナミックマップ配信においても、広域でのデータ管理サーバは都道府県レベルの単位で設置することを前提とした。

2 ダイナミックマップ配信単位の考え方

- ダイナミックマップは地図に関する静的情報のみでも、全体を無線通信で送信するにはデータサイズが大きく、自律型モビリティがエンジン始動の都度、全データの配信を受けることは現実的ではない。
- そこで、自律型モビリティの走行における処理に着目した。自律型モビリティは、エンジン始動直後に目的地までのルートを決定するルートプランニングを実施し、走行中はルート上のどの車線を走行するかを決定するパスプランニングを実施しながら走行している（図 3、および参考：「1 自律型モビリティの処理シーケンス」参照）。

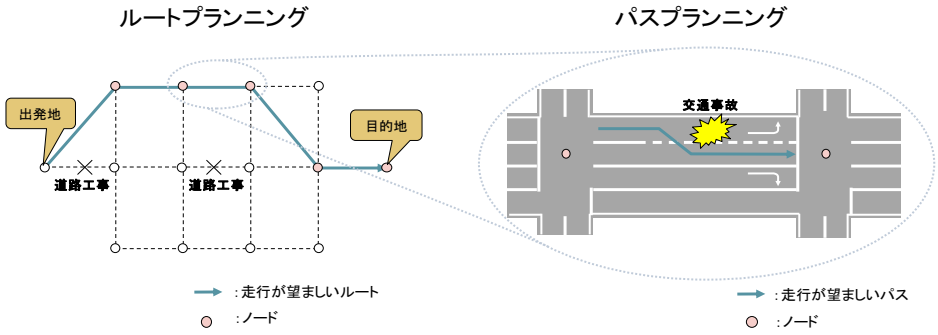

図 3 自律型モビリティにおけるルートプランニングとパスプランニング

- この考え方を踏襲し、ルートプランニング時に**差分配信**を行い、パスプランニング時に**分割配信**を行うこととした。
- 差分配信、分割配信を実現するためには、ダイナミックマップを一定のサイズで区分する必要がある。この区分を配信単位（エリア、メッシュ、地物）とした（図 4 参照）。

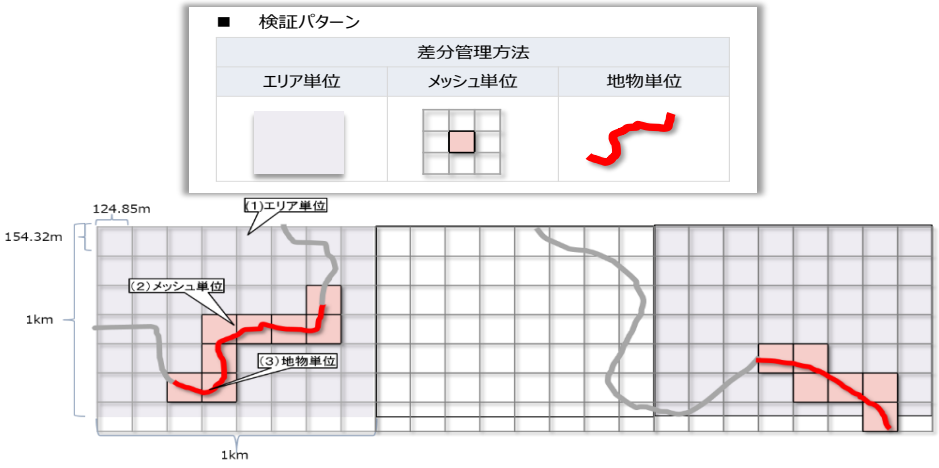

図 4 ダイナミックマップの配信単位の考え方

3 静的情報(ルートプラン)の配信

静的情報(ルートプラン)はデータサイズが大きく、通信に要する時間が長いため、配信にあたっては以下に示すような仕組みを導入することが望ましい。

3－1 管理単位

- 静的情報の管理単位はメッシュ単位、もしくは地物単位が望ましい。

実証実験では、メッシュ単位、地物単位であればサービス成立時間(参考:「4 サービス成立時間」参照)を満たして配信可能であることを確認した。

3－2 配信単位

- 出発時の静的情報更新は都道府県単位での差分更新が望ましい。
- 静的情報の差分配信の単位はメッシュ単位、もしくは地物単位が望ましい。

実証実験では、出発時の静的情報更新は、全国分ではデータサイズが大きすぎ、配信に時間がかかり、エンジン始動後、ルート確定までの時間がかかること、および都道府県単位であれば、全国分よりデータサイズも小さく配信時間を短縮できることを確認した。

同様に、差分配信においてはメッシュ単位、地物単位であればサービス成立時間(参考:「4 サービス成立時間」参照)を満たして配信可能であることを確認した。

3－3 考慮すべき事項

ルートプランニングにおける静的情報の配信にあたっては、以下の点に考慮が必要である。

- 3－2で述べたとおり、ルートプランニング時には、自車位置に応じて都道府県単位で配信することが望ましいとしたが、都道府県をまたぐルートの場合は、自車位置の都道府県分のみを配信すると、走行中に次の都道府県分のデータの配信を携帯電話システムのみで受けることになり(参考:「6 携帯電話システムと無線 LAN システムの利用」)、配信が困難であるため、ルートプランニング時など事前に配信することが必要である。
- 通信帯域が逼迫する恐れのある混雑箇所(渋滞中 等、参考:「3 ネットワーク負荷」参照)を通過する場合は、準系情報の更新技術により生成した情報などと連携した配信技術を導入するなど、混雑箇所に到達するよりも前に車両に対して当該区間の情報を配信する方法を組み込むなどの工夫が必要である。

４ 静的情報（パスプラン）の配信

静的情報（パスプラン）はデータサイズが大きく、通信に要する時間が長いため、配信にあたっては以下に示すような仕組みを導入することが望ましい。

４－１ 管理単位

・ 静的情報の管理単位は静的情報（ルートプラン）と同様にメッシュ単位、もしくは地物単位が望ましい。

実証実験では、メッシュ単位、地物単位であればサービス成立時間（参考：「4 サービス成立時間」参照）を満たして配信可能であることを確認した。

４－２ 配信単位

・ 静的情報の分割配信の単位はメッシュ単位、もしくは地物単位が望ましい。

実証実験では、分割配信においてメッシュ単位、地物単位であればサービス成立時間（参考：「4 サービス成立時間」参照）を満たして配信可能であることを確認した。

４－３ 配信エリア数

・ パスプランニング時における静的情報の配信エリア数は前方 3 エリア分の更新されたデータを配信することが望ましい。

実証実験では、ルート上の現在地より前方 3 エリア分の更新データであれば、サービス成立時間（参考：「4 サービス成立時間」参照）を満たして配信可能であることを確認した。

４－４ 考慮すべき事項

パスプランニングにおける静的情報の配信にあたっては、以下の点の考慮をお願いしたい。

・ ルートプランニングが確定していない状況では、パスプランニングが確定しないことから、ルートプランニングが変更されたタイミング（移動中での目的地変更等）では改めてパスプランニングが必要である（参考：「1 自律型モビリティの処理シーケンス」参照）。

5　準静的・準動的情報の配信

準静的・準動的情報はデータサイズが比較的小さく、通信に要する時間が比較的短いため、配信にあたっては以下に示すような仕組みを導入することが望ましい。

5－1　管理単位

・　準静的・準動的情報の管理単位はエリア単位が望ましい。

実証実験では、エリア単位であってもサービス成立時間（参考：「4　サービス成立時間」参照）を満たして配信可能であることを確認した。

5－2　配信単位

・　準静的・準動的情報の配信単位はエリア単位が望ましい。

実証実験では、エリア単位であってもサービス成立時間（参考：「4　サービス成立時間」参照）を満たして配信可能であることを確認した。

5－3　配信エリア数

・　準静的・準動的情報の配信エリア数は 25 エリア分が望ましい。

実証実験では、自車が存在しているエリアを中心に 25 エリア分（図　5 参照）のデータであれば、サービス成立時間（参考：「4　サービス成立時間」参照）を満たして配信可能であることを確認した。

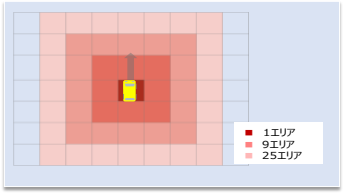

図　5　準静的・準動的情報の配信エリアのイメージ

5－4　考慮すべき事項

準静的・準動的情報の配信にあたっては、以下の点の考慮をお願いしたい。

- ルートプランニングが確定していない状況では、パスプランニングが確定しないことから、ルートプランニングが変更されたタイミング（移動中での目的地変更等）では改めてパスプランニングが必要である（参考：「1　自律型モビリティの処理シーケンス」参照）。

第3章　周波数の有効利用方法

1　無線通信の考え方

1－1　既存通信システムにおける周波数の有効利用方法

- スマートフォンの登場により、リッチコンテンツへのニーズが増えたことから、携帯電話システムでの通信量は年々増加しており、スマートフォンでは無線 LAN システムへのオフロードが図られている。
- 無線 LAN システムは、すでにスマートフォンに機能が具備されており、携帯電話システムと同程度に普及している他、無線 LAN システムの通信範囲に進入した際に自動的に切り替える技術や、コンテンツの種類に応じて無線 LAN システムと同時に通信する技術も開発されている。

1－2　ダイナミックマップ配信における周波数の有効利用方法

- ダイナミックマップのデータサイズを工夫するだけではなく、通信経路として携帯電話システムだけでなく、無線 LAN システムも活用した効率的な配信方法が必要である。
- そのため、ここではダイナミックマップを配信する際の複数無線通信制御技術として、以下2種類の方法を検討した。
  - **動的切替技術**：無線 LAN システムが利用できる場所では、通信状況や車両の移動状況を踏まえて、自動で携帯電話システムから無線 LAN システムに通信方法を切り替える（図 6 参照）。合わせて、切り替えをスムーズに行うための切断ロジックを導入する。
  - **同時通信技術**：無線 LAN システムが利用できる場所では、携帯電話システムと無線 LAN システムの両方の通信方法を利用する（図 7 参照）。

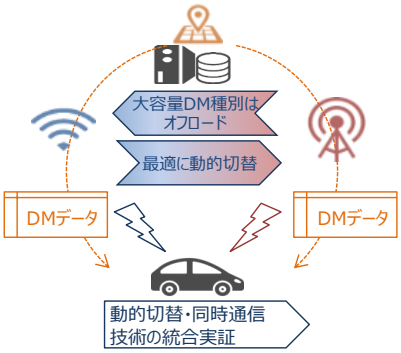

図 6　動的切替制御技術

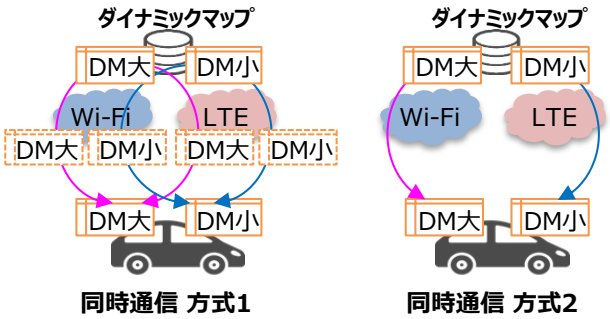

図 7　同時通信技術

2 無線通信方法

無線通信技術として、以下に示すような仕組みを導入することが望ましい。

2－1 動的切替技術

(1) 動的切替技術

・ 限られた周波数を有効利用するため、自律型モビリティの状況等に応じて、無線 LAN システムが利用できる状況（参考：「6 携帯電話システムと無線 LAN システムの利用」参照）であれば、携帯電話システムでの通信から無線 LAN システムでの通信に動的に切替える技術を導入することが望ましい。

実証実験では、動的切替技術を導入することで、車両停止時、もしくは徐行時で、無線 LAN システムが利用できる状況（参考：「6 携帯電話システムと無線 LAN システムの利用」）であれば、ルートプランニング時に配信すべきデータとして準備した静的情報（437.4MB）の約 7 割、同様にパスプランニング時に配信すべきデータとして準備した静的情報（22.8MB）と準系情報（2.4MB）の約 3 割を無線 LAN システムにオフロードできることを確認した（参考：「7 動的切替技術および同時通信技術による削減量」）。

(2) 無線 LAN システムの切断技術

・ 高速移動する自律型モビリティでは、無線 LAN システムに接続後、すぐに通信エリアを通過し、スループットが低下した状態の無線 LAN システムに接続し続けてしまうことで、以下のような機会損失が考えられる。そのため、無線 LAN システムの切断ロジックを導入することが望ましい。
  - スループットの低い状態の無線 LAN システムとの接続が続き、携帯電話システムに切り替わらず通信機会が損なわれる。
  - 無線 LAN システムの通信エリアを出てもすぐに接続が切れず、別の車両が無線 LAN システムに接続する機会が損なわれる。

実証実験では、切断ロジックとして、無線 LAN システムの UE 側の車両速度、電界強度とスループット、および AP 側の電界強度とスループットに閾値を設定して組み合わせた場合が、もっとも効率的に切断できることを確認した。

２－２ 同時通信技術

- 自律型モビリティは走行と停止を繰り返して移動していることもあり、可能な限り短時間でダウンロードを終えることが好ましい。そこで、自律型モビリティの状況（参考：「6 携帯電話システムと無線 LAN システムの利用」参照）に応じて、携帯電話システムと無線 LAN システムを同時に利用する技術（例：Multipath TCP 等）を導入することが望ましい。
- 今後、第 4 世代携帯電話システムと無線 LAN システムだけでなく、第 5 世代携帯電話システム等も利用することを想定すると、スケーラビリティの高い Multipath TCP を導入しておくことが望ましい。

実証実験では、同時通信技術として Multipath TCP を導入することで、車両停止時、もしくは徐行時で、無線 LAN システムが利用できる状況（参考：「6 携帯電話システムと無線 LAN システムの利用」）であれば、携帯電話システムと無線 LAN システムとで同時に通信することにより、ルートプランニング時に配信すべきデータとして準備した静的情報（437.4MB）、およびパスプランニング時に配信すべきデータとして準備した静的情報（22.8MB）、準系情報（2.4MB）の約 7 割以上のデータを無線 LAN システムにオフロードできることを確認した（参考：「7 動的切替技術および同時通信技術による削減量」）。

参考：実証実験の実施概要

実証実験における各種前提条件を以下の通り設定した。

1　自律型モビリティの処理シーケンス

自律型モビリティはエンジン始動時から、図 8、図 9 に示すシーケンスでデータ配信を受けるものと設定した。

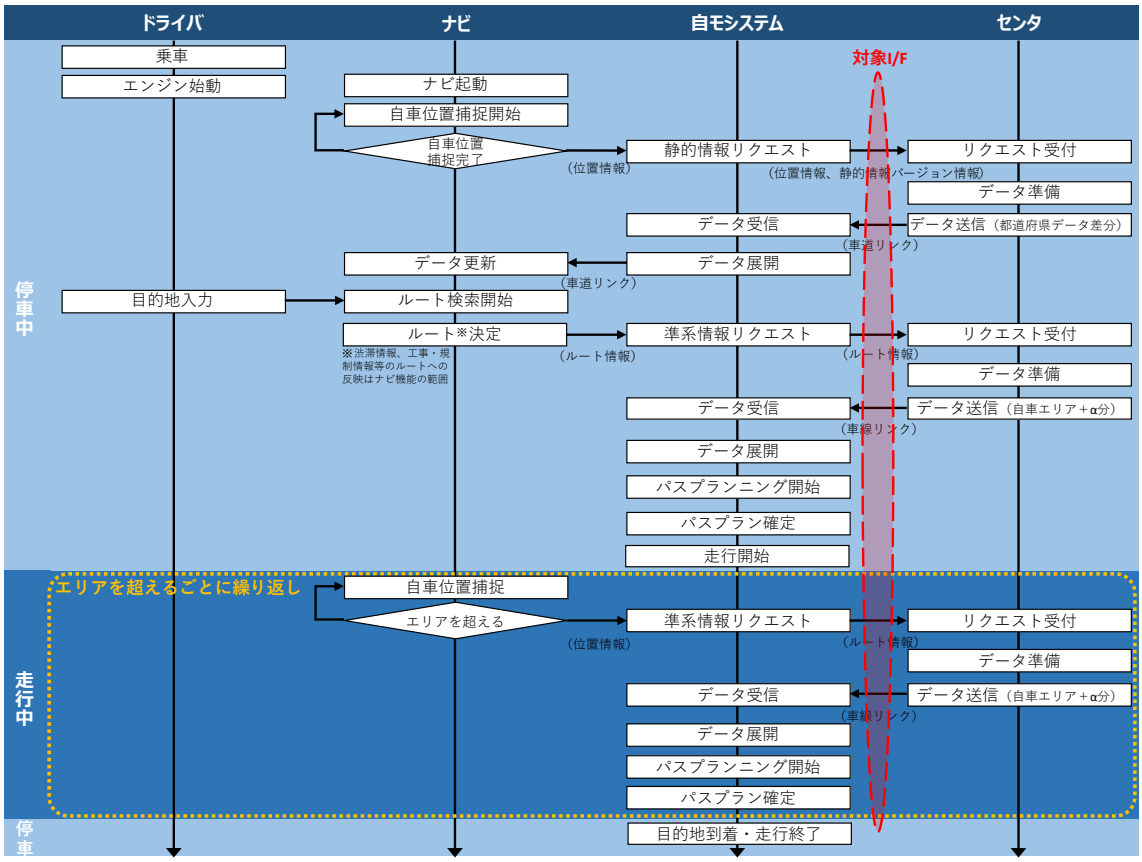

図 8　本実証実験で設定した自律型モビリティのシーケンス（出発時～走行時）

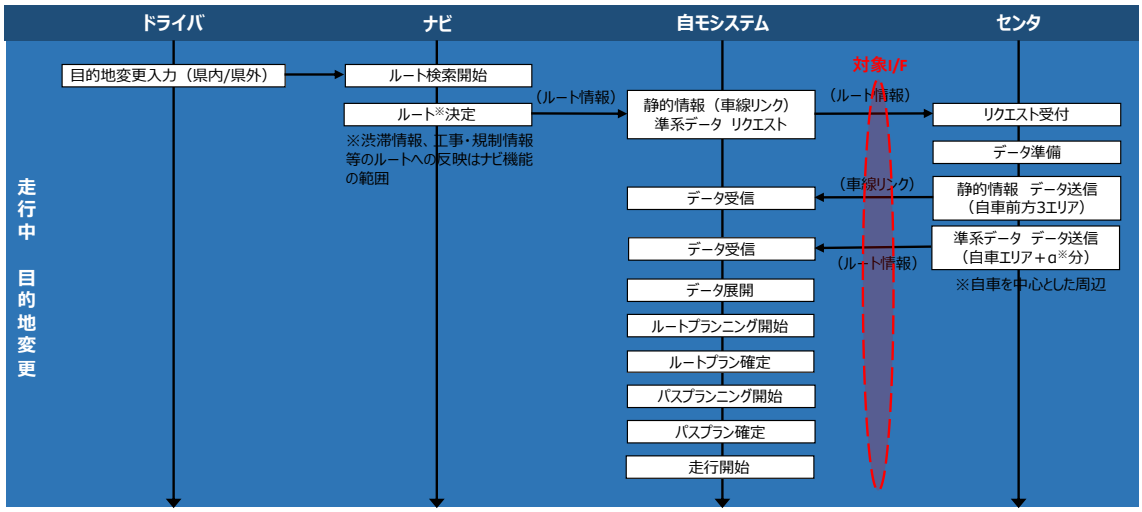

図 9　本実証実験で設定した自律型モビリティのシーケンス（目的地変更時）

2 ダイナミックマップ配信の流れ

本実証実験では、自律型モビリティは表 1 のタイミングでダイナミックマップをダウンロードすることと設定した。

表 1　ダイナミックマップ配信タイミングと配信するデータ

タイミング	ダウンロードするデータ	目的
エンジン始動時	静的情報（車道情報）	前回エンジン停止時からの更新データを受信し、ルートプランニングに利用
	静的情報（車線情報）	現在の自車位置周辺の車線情報を受信し、パスプランニングに利用
	準系情報	現在の自車位置周辺の道路状況の把握しパスプランニングに利用
移動中	静的情報（車線情報）	移動に応じて、ルート上の前方の静的情報（車線情報）を順次ダウンロードし、パスプランニングに利用
	準系情報	移動に応じて、ルート上の前方の準系情報を順次ダウンロードし、パスプランニングに利用
目的地変更時（走行中）（同一県内の場合）	静的情報（車線情報）	目的地変更に応じて変更となったルートの、ルート上の前方の静的情報（車線情報）をダウンロードし、パスプランニングに活用
	準系情報	目的地変更に応じて変更となったルートの、ルート上の前方の準系情報をダウンロードし、パスプランニングに活用
目的地変更時（走行中）（県境をまたぐ場合）	静的情報（車道情報）	目的地までのルートプランニングに利用
	静的情報（車線情報）	目的地変更に応じて変更となったルートの、ルート上の前方の静的情報（車線情報）をダウンロードし、パスプランニングに活用
	準系情報	目的地変更に応じて変更となったルートの、ルート上の前方の準系情報をダウンロードし、パスプランニングに活用

3 ネットワーク負荷

1平方kmのエリア内(1基地局がカバーする範囲と仮定)の中に存在する車両台数パターンを、車の混雑状況を加味して算出し、その車両台数をもとに、車1台あたりに割り当てられる通信帯域を設定して、ネットワーク負荷パターンとして表 2の通り設定した。

表 2　ネットワーク負荷と車両台数

負荷パターン	車両台数	交通状況
負荷パターン 1	128 台	通常
負荷パターン 2	333 台	渋滞
負荷パターン 3	1,600 台	大渋滞

4 サービス成立時間

実証実験では、リアルタイム性の検証のために、自律型モビリティが配信サーバへリクエストを発してから自律型モビリティがデータを受信するまでを計測した。その際、サービス成立時間を設定し、処理が時間内で完了するかを検証した。

パスプランニング時の分割配信のサービス成立時間としては、自車が存在するエリアの前方のエリアのデータを、自車が存在するエリアにいる間にダウンロードする必要があることから、1エリアを通過する時間として表 3の通り設定した。

表 3　サービス成立時間とエリア内車両台数

車両台数(台)	時速(km/h)	1エリア進むのにかかる時間 (サービス成立時間)	道路種別
1	100	36[秒]	(基礎データ)
128	100	36[秒]	高速
128	60	60[秒]	一般道
333	40	90[秒]	一般道・高速
1600	13	277[秒]	一般道・高速

5　配信データサイズ

配信データサイズについては、ルートプランニング、パスプランニングのタイミングで配信するデータのデータサイズを表 4 の通り設定した。

表 4　配信データサイズ

データ種別	配信単位	データサイズ
静的データ（ルートプランニング）	全国分	546.8[MB]
	都道府県単位	11.6[MB]
静的データ（パスプランニング）	エリア単位	16.5[MB]
	メッシュ単位	7.6[MB]
	地物単位	6.0[MB]
準系データ（パスプランニング）	エリア単位	0.1[MB]

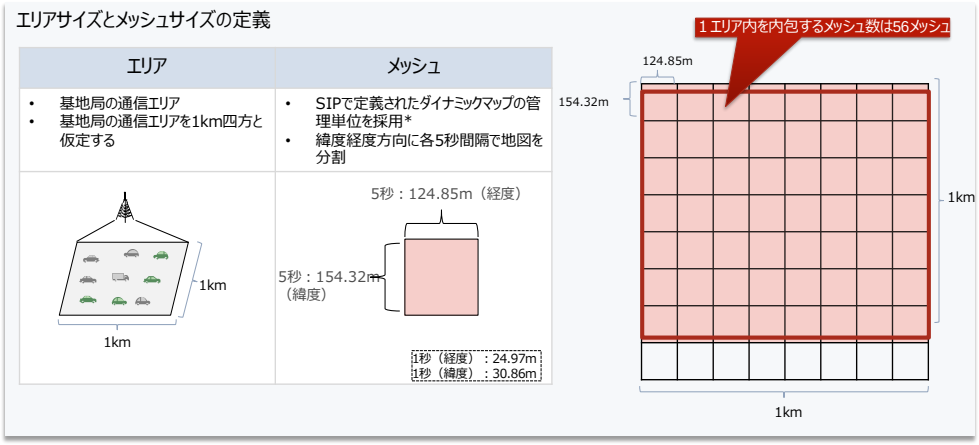

図 10　ダイナミックマップの配信単位とデータサイズ

6 携帯電話システムと無線 LAN システムの利用

本実証実験では、車両の状態に応じて利用が可能であると想定される通信システムを、以下の通り設定した。

このため、無線 LAN システムを利用する動的切替技術、および同時通信技術は停止中、もしくは徐行中のみに利用できる技術となる。

表 5　車両の走行状態と利用可能な通信システム

走行状態	移動速度	利用が可能であると想定される通信
停止	0km/h	無線 LAN システム、携帯電話システム
徐行	15km/h 未満	無線 LAN システム、携帯電話システム
走行	15km/h 以上	携帯電話システム

7　動的切替技術および同時通信技術による削減量

実証実験では、動的切替技術、および同時通信技術により、携帯電話システムでの配信データの削減量を試算した。

7－1　ルートプランニングにおける動的切替による削減量

ルートプランニングにおける動的切替技術による携帯電話システムでの配信データの削減量は図 11 の通り。

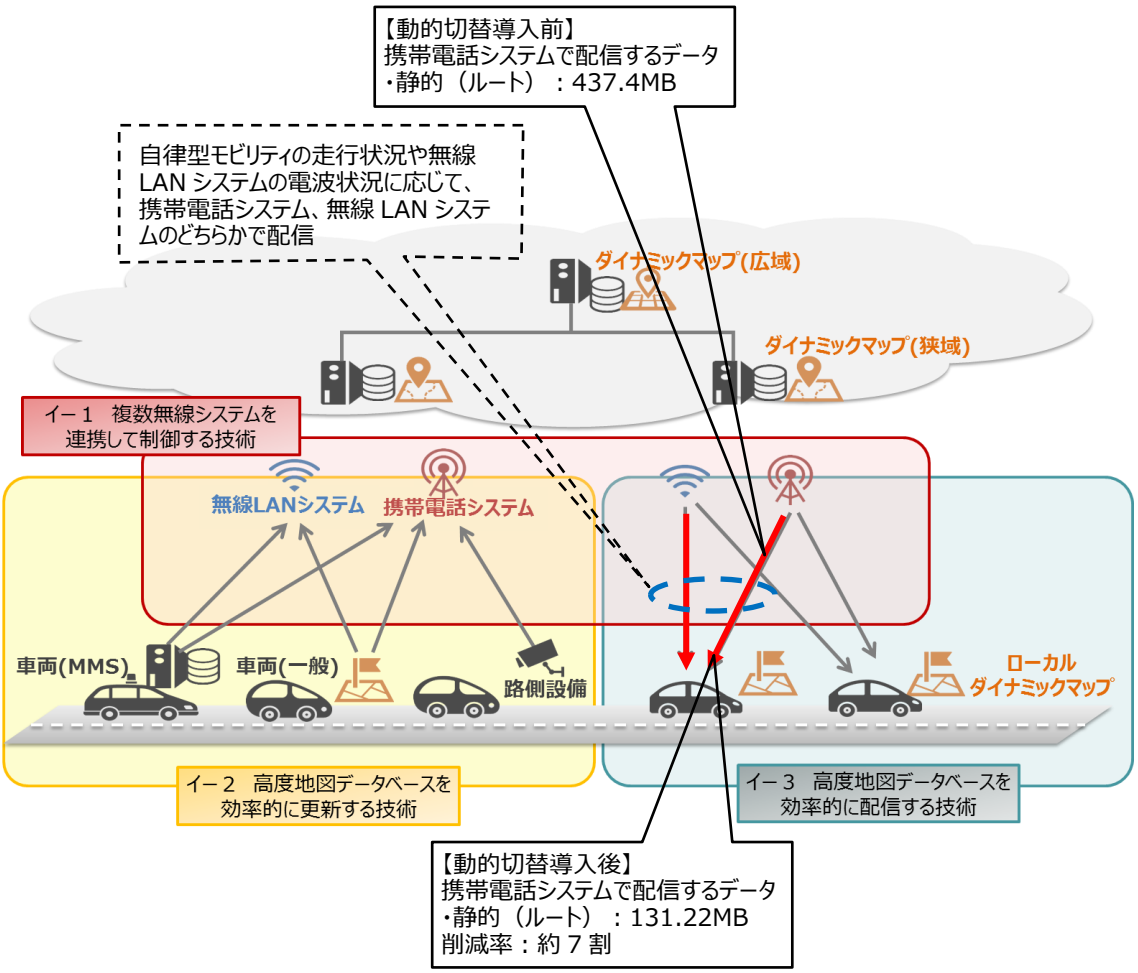

図 11　ルートプランニングにおける動的切替による削減量

7－2　ルートプランニングにおける同時通信による削減量

ルートプランニングにおける同時通信技術による携帯電話システムでの配信データの削減量は図 12 の通り。

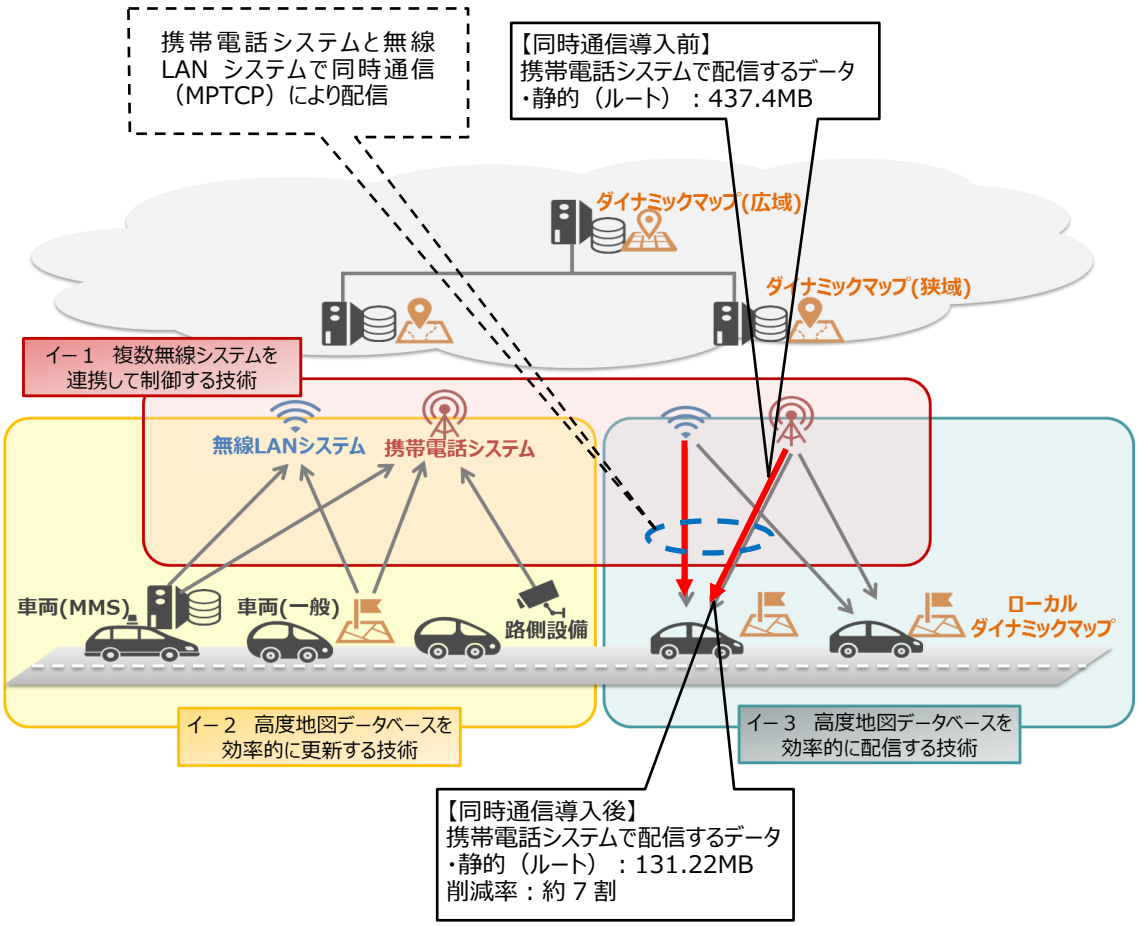

図 12　ルートプランニングにおける同時通信による削減量

7－3　パスプランニングにおける動的切替による削減量

パスプランニングにおける動的切替技術による携帯電話システムでの配信データの削減量は図 13 の通り。

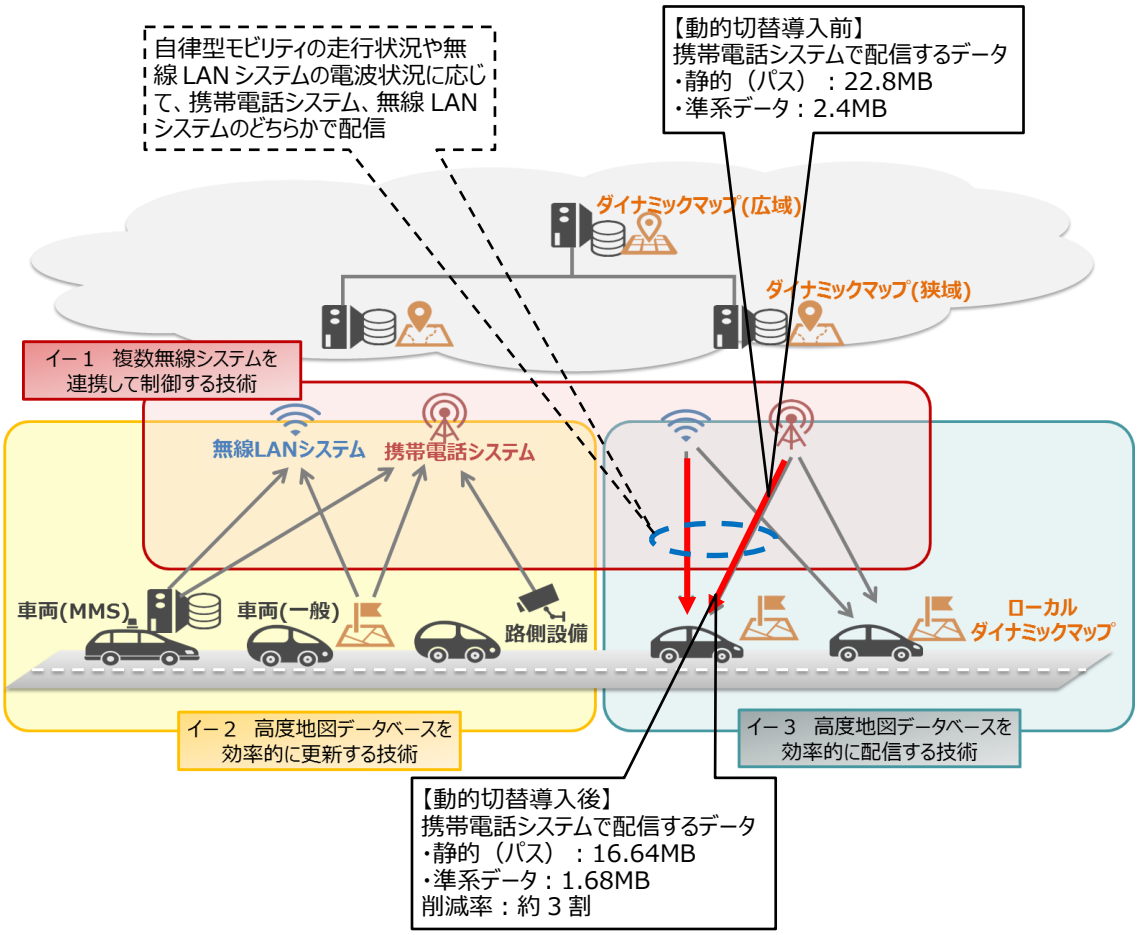

図 13　パスプランニングにおける動的切替による削減量

7－4　パスプランニングにおける同時通信による削減量

パスプランニングにおける同時通信技術による携帯電話システムでの配信データの削減量は図 14 の通り。

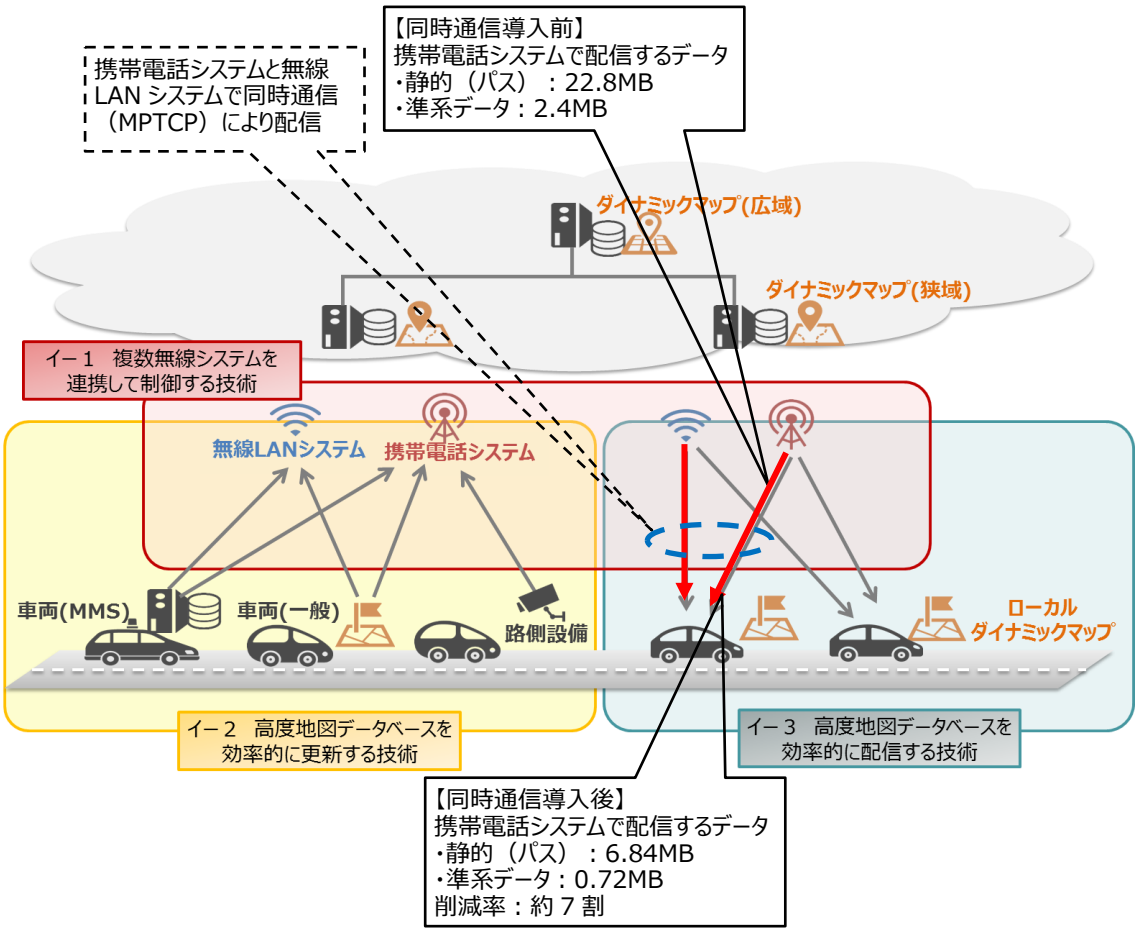

図 14　パスプランニングにおける同時通信による削減量