

【研究テーマ】
**時変入力に対する統計的センサデータ
集約方式の適応的制御**

平成30年 11月22日

日本工業大学 電気電子工学科 吉野研究室

井形 洋介 井出 慎吾 吉野 秀明

研究テーマ概要

今後のIoT (Internet of Things) 時代の実現に向け、社会インフラやモバイル端末など、あらゆるモノに組み込んだセンサからの膨大なデータを収集・分析するセンサデータの利活用に関する研究が盛んに行われている^{[1][2]}。

センサデータは1つ1つのデータ量は小さいが大量で、空間的な拡がりを持っており、それらを収集、分析するためには、階層的にデータを集約する仕組みが必須となる。

本研究では、時間的に変動する入力に対する統計的センサデータ集約方式の遅延時間・送信待ち個数などの過渡特性と平均特性をシミュレーションにより明らかにする。

背景・動機

IoTは、Internet of Things の略称であり、「モノのインターネット」と呼ばれている。IoTでは、センサと通信機能により、スマートフォンや家電、家、車などがインターネットに繋がることで、モノ同士の情報共有、有益な情報創出、自律的な制御などが実現できる。

センサデータは1つ1つのデータ量は小さいが大量で、空間的な拡がりをもっており、それらを集約・分析するために階層的に集約する技術が必要となる。

目的・意義

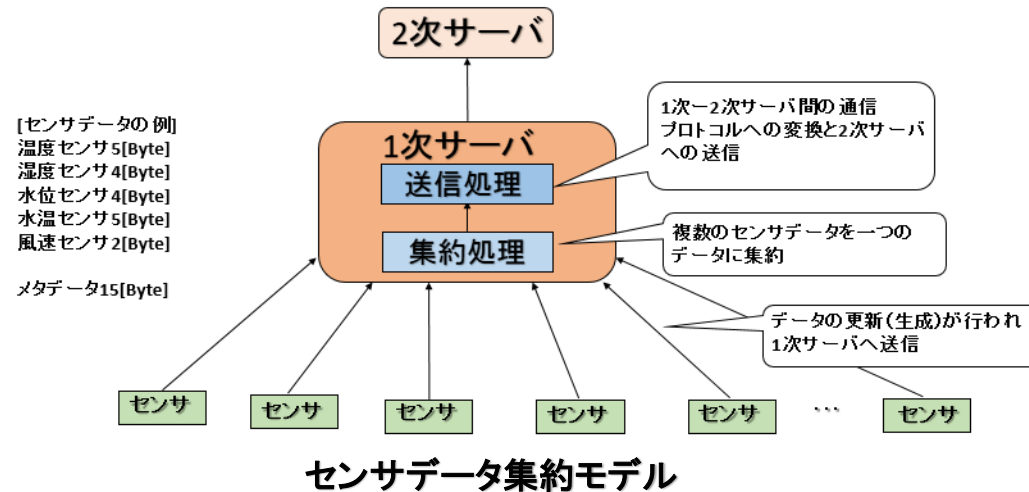
IoT時代におけるセンサネットワークでは空間的な拡がりを持つ大規模なセンサデータを扱う。それをリアルタイムで収集、分析する技術が望まれている。

それを実現するためにはリアルタイムにデータを集約する処理が必要であり、上記のようなセンサデータをリアルタイムに集約するためには、階層的にデータを集める仕組みが必須となる。

本研究では、センサデータを集約する際の課題を明確にするため、シミュレータを活用し、時変入力に対するセンサデータ集約デバイスにおいて適応的制御をすることで、IoTの更なる進展への足がかりとする。

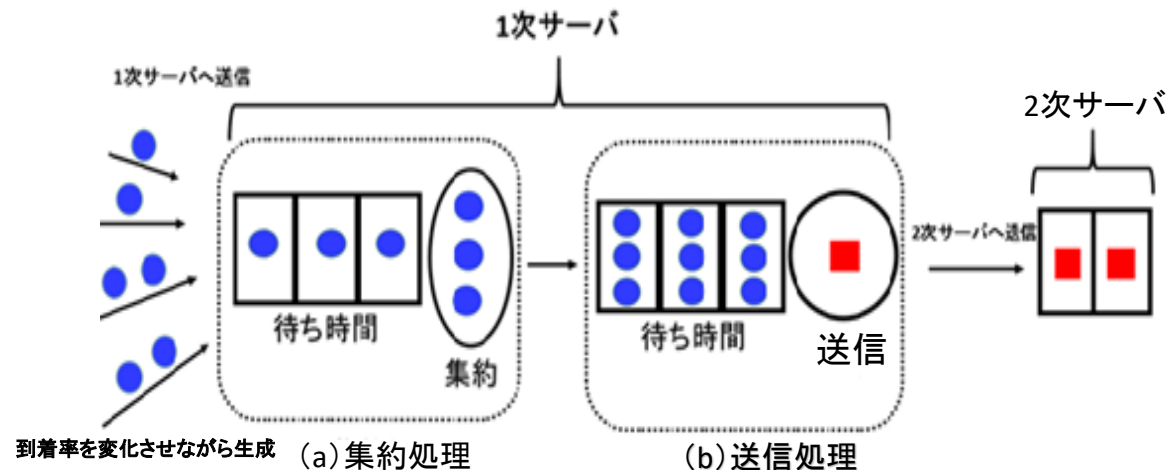
性能評価ポイント(1)

本研究で扱うセンサデータ集約モデルを以下に示す。
このモデルでは、大量のセンサデータが1次サーバへ送信され、複数のセンサデータを一つに集約したのちに2次サーバへ送信する処理を行う。



性能評価ポイント(2)

本研究で扱うセンサデータの基本的な流れを以下に示す。指数分布により生成された複数のデータは1次サーバへ送信され、一つのデータにするため集約処理を行う。集約されたデータは、送信処理を行い2次サーバへと送信される。



性能評価モデル

研究手段[1/2]

シミュレーション評価

S4 (S4 Simulation System) を活用し、空間的な拡がりを持つ大量のセンサデータを階層的に集約するシミュレーションモデルを作成する。

S4を使用して時変入力が可能なモデルの作成をする。そのためにシミュレーション条件として、生成間隔が時間によって変化するよう設定を行う。

[S4 Simulation System]

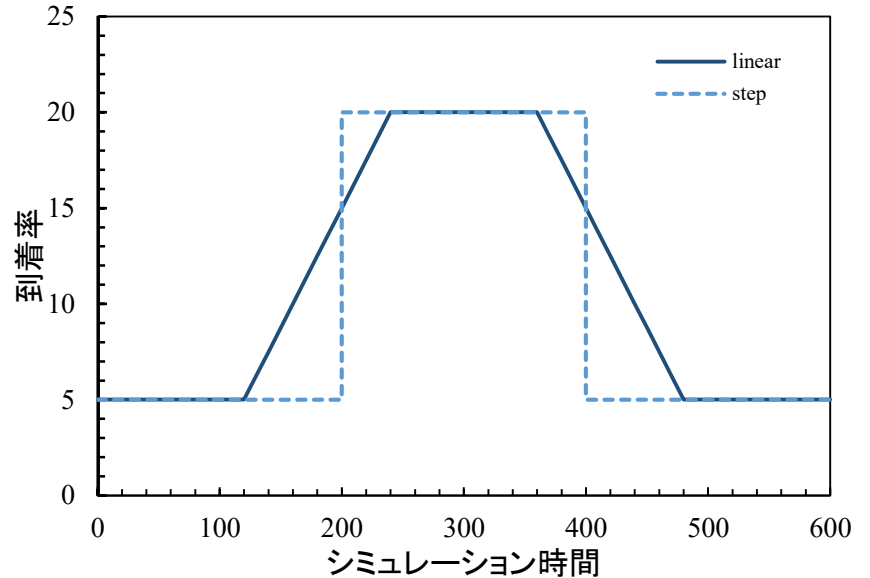
誰でも簡単に複雑なモデルをGUI上で表現しシミュレーションを行える汎用シミュレーションシステムです。離散イベントシミュレーション、連続型シミュレーション(システムダイナミクス)、エージェントシミュレーションを扱う事が出来ます。

研究手段[2/2]

(1)時変ポアソン入力

・Linear 到着間隔は指数分布とし、0秒から120秒は到着率5で一定、120秒から240秒まで線形に到着率20まで増加、240秒から360秒は到着率20で一定、360秒から480秒まで線形に到着率5まで減少、480秒から600秒は到着率5で一定

・Step 0秒から200秒と400秒から600秒まで到着率5で一定、200秒から400秒まで到着率20で一定

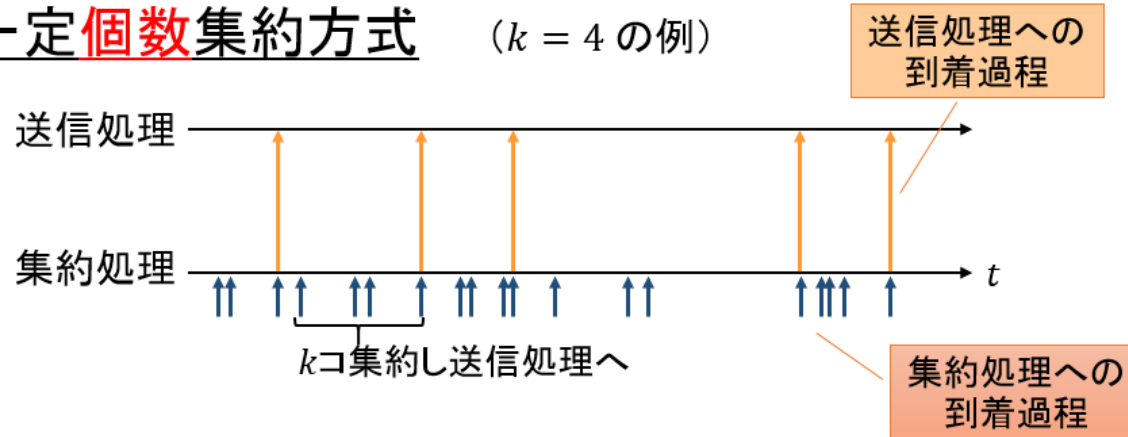


(2)非ポアソン入力(2次の超指数分布)

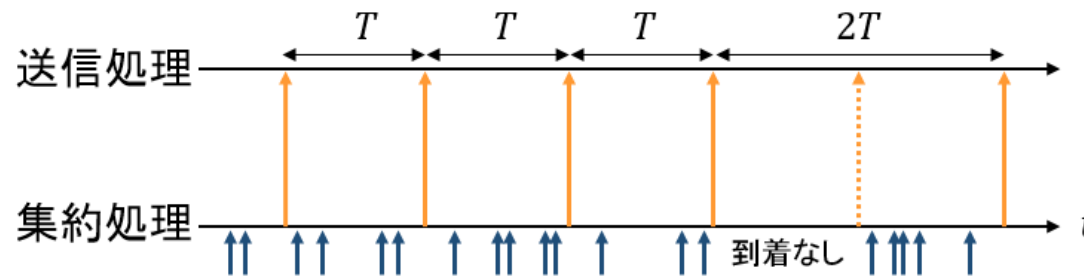
到着間隔を2次の超指数分布にすることでデータの到着のランダム性を高めてより現実に近づける

代表的な集約処理方式

1. 一定個数集約方式 ($k = 4$ の例)



2. 一定間隔集約方式



理論解析済

本研究で使用する集約処理方式

集約個数最適制御方式

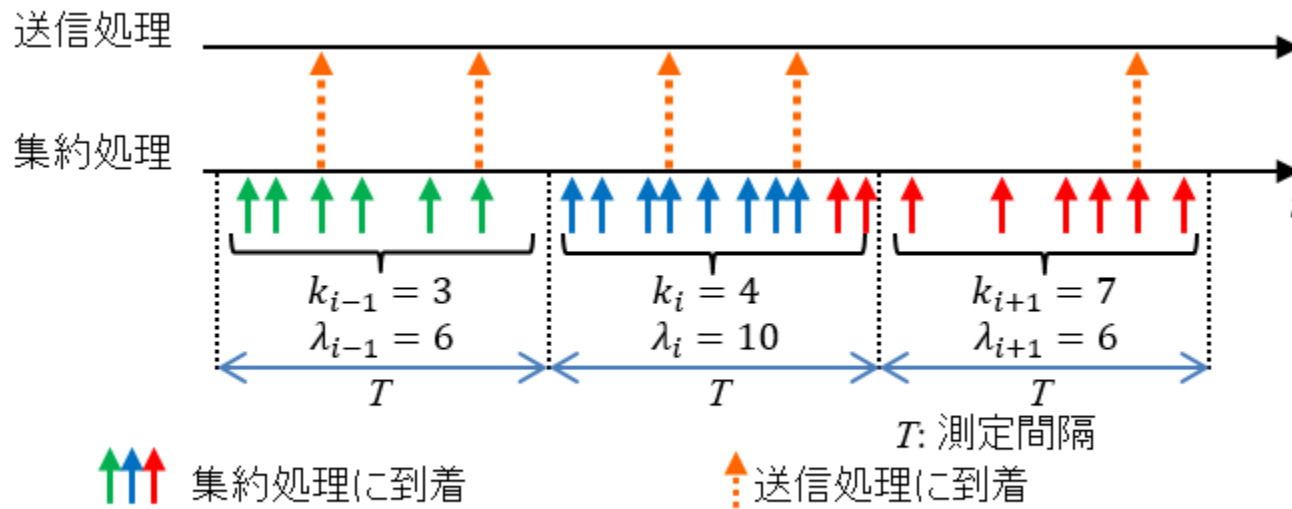
到着率の変化に応じ、集約データ数を変化させて制御する方式である。
到着率を一定間隔で測定し、最適集約個数を求め制御する。

最適集約個数は以下の式で求める

$$\hat{K} = \left\lceil \frac{1.9346\lambda}{\mu} \right\rceil$$

\hat{K} : 最適集約個数 $\lambda(t)$: 到着率 $1/\mu$: サービス時間

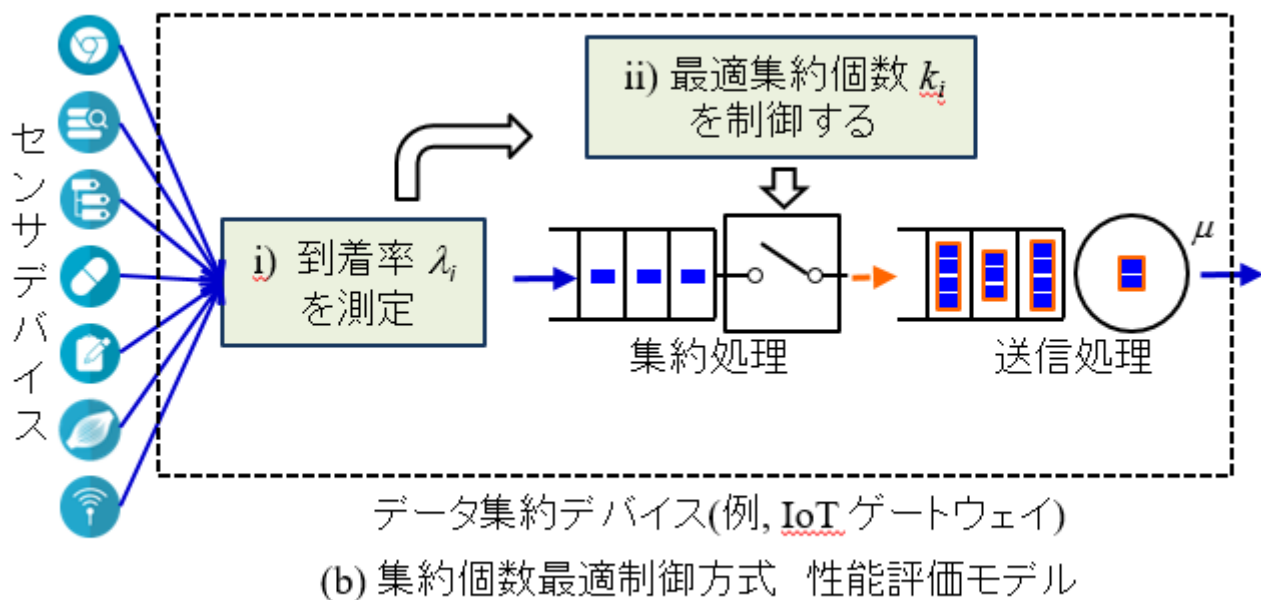
集約個数最適制御方式①



(a) 集約個数最適制御方式 ($\mu = 3$)

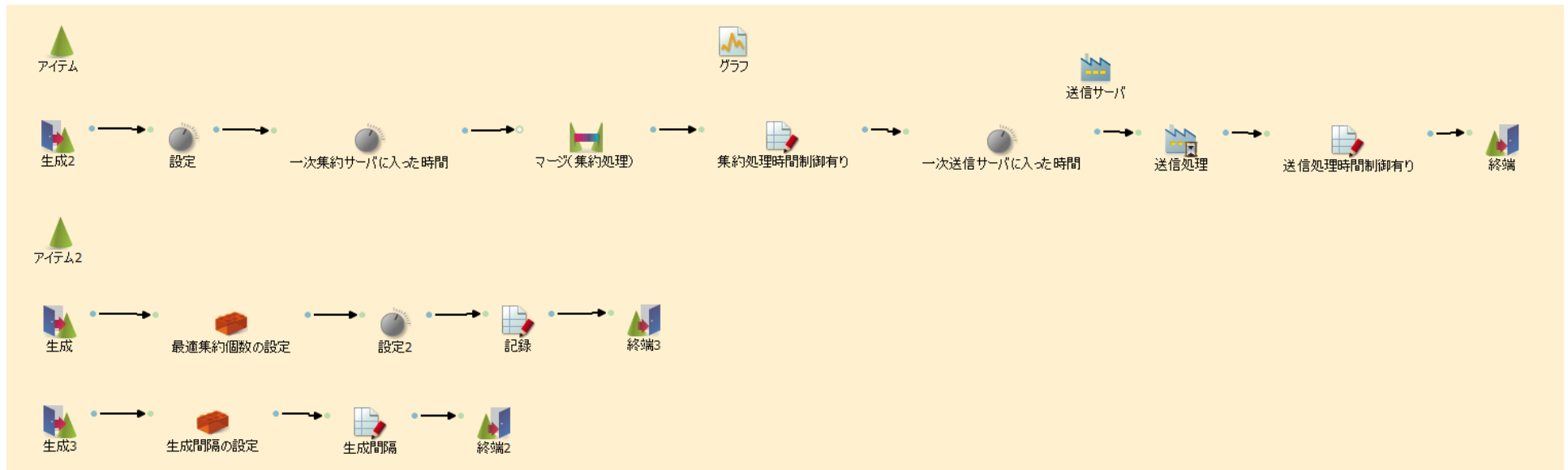
最適集約個数を到着率より計算し、次の T 区間で集約個数を変更する

集約個数最適制御方式②



集約個数最適制御方式のモデル

S4を使用し作成した集約個数最適制御方式をシミュレーションするためのモデルを以下に示す



集約個数最適制御方式

実験① [1/5]

以下の測定条件でシミュレーションを行った

シミュレーション条件1 (Linear)

シミュレーション時間: 600[ms]

測定間隔: 5[ms]

生成間隔: 0~120[ms]まで0.2[ms]

120~240[ms]まで10[ms]間隔で0.0125[ms]ずつ下げていく

240~360[ms]まで0.05[ms]

360~480[ms]まで10[ms]間隔で0.0125[ms]ずつ上げていく

480~600[ms]まで0.2[ms]

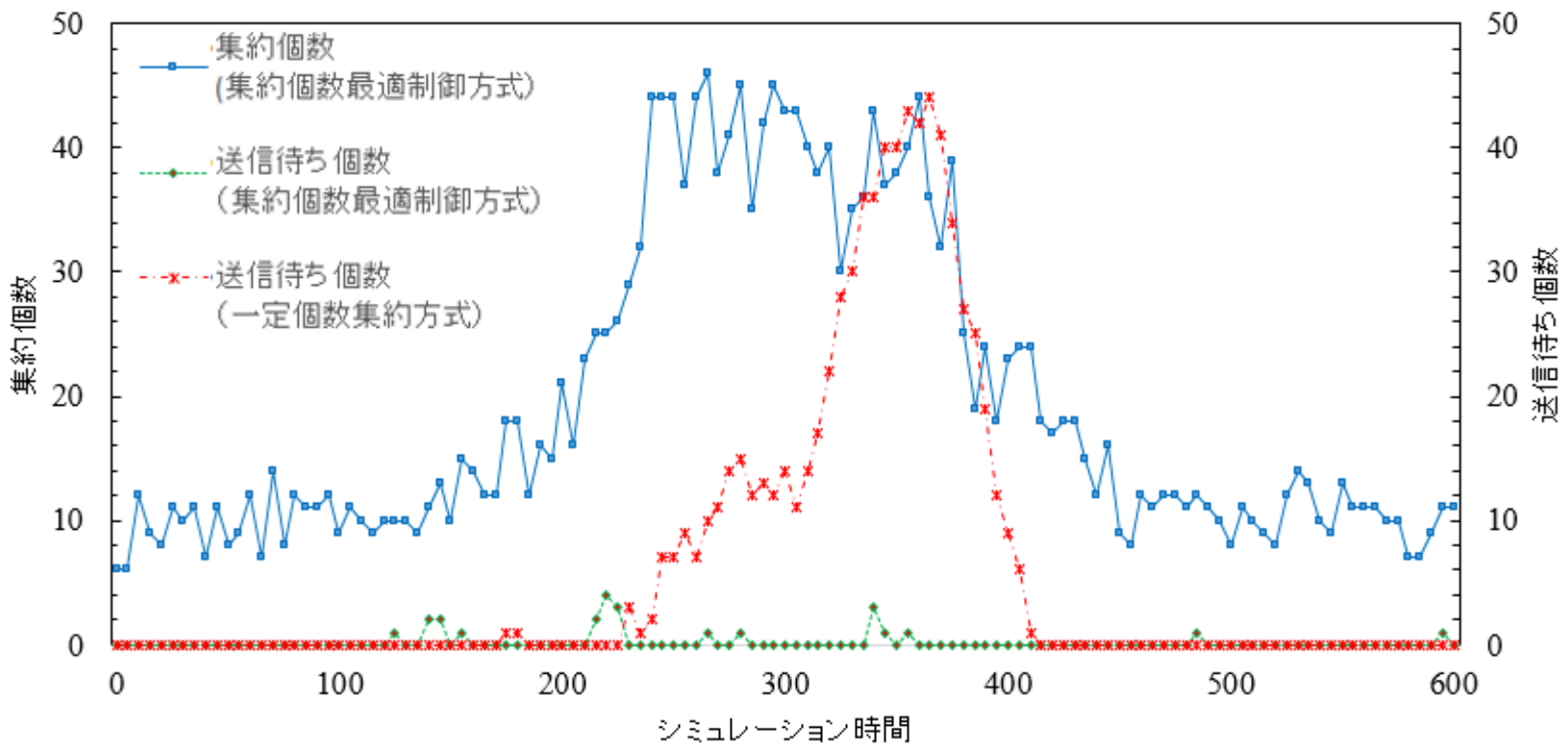
初期集約個数: 10

実験① [2/5]

- 過渡特性 Linear -

条件1でシミュレーションを実行し、集約個数および送信待ち個数の過渡特性をグラフ化した

- ・集約個数最適制御方式により、集約個数を適応的に制御し、送信待ち個数を低く抑えていることを確認



実験① [3/5]

以下の測定条件でシミュレーションを行った

シミュレーション条件2(Step)

シミュレーション時間: 600[ms]

測定間隔: 5[ms]

生成間隔: 0~200[ms]まで0.2[ms]

200~400[ms]まで0.05[ms]

400~600[ms]まで0.2[ms]

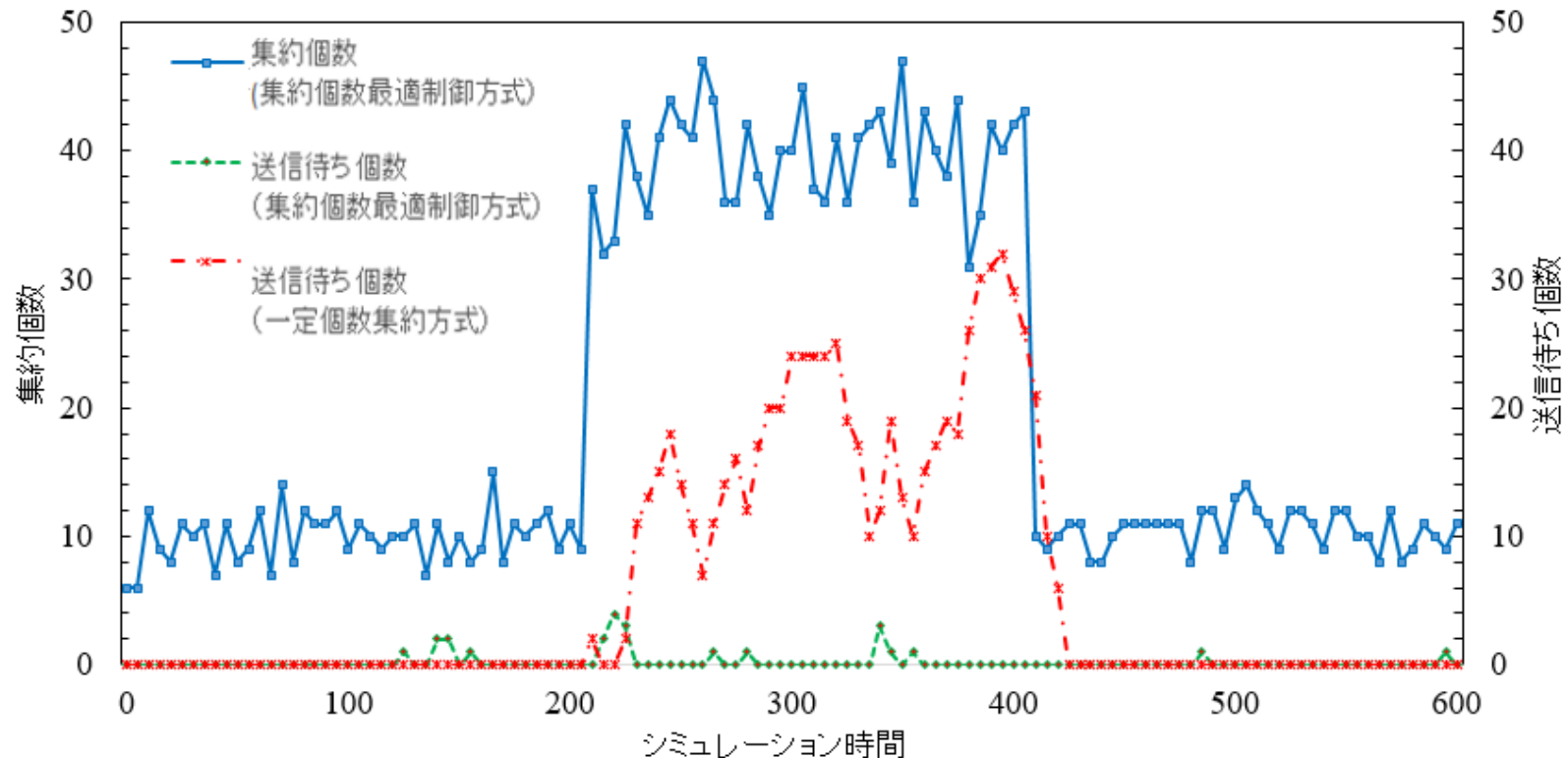
初期集約個数: 10

実験① [4/5]

- 過渡特性 Step -

条件2でシミュレーションを実行し、集約個数および送信待ち個数の過渡特性をグラフ化した

- ・条件1と同様に集約個数最適制御方式により、集約個数を適応的に制御し、送信待ち個数を低く抑えていることを確認

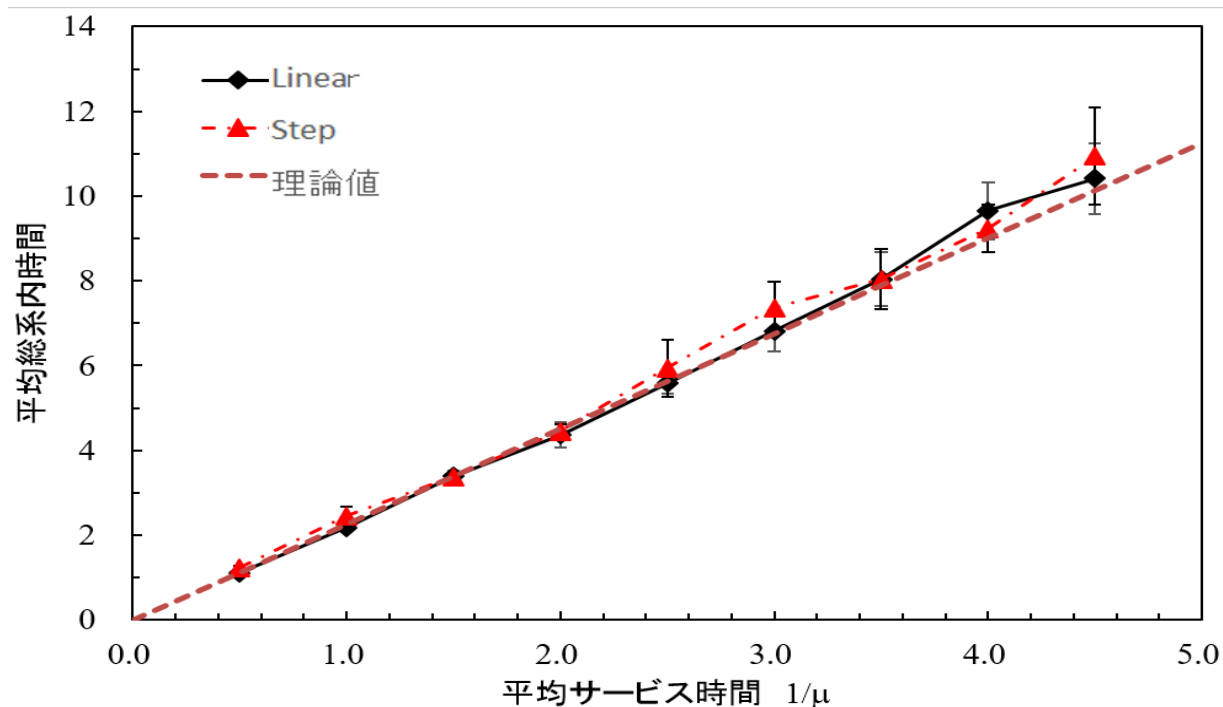


実験① [5/5]

-平均総系内時間特性-

シミュレーション条件1と2で各サービス時間の平均を変更しながら各々10回ずつシミュレーションを実行した。その結果より平均総系内時間を算出し、理論値と比較した

・LinearとStepのどちらも95%信頼区間内に理論値が入っているため、集約個数最適制御方式により、理論的に最適な平均総系内時間を実現できることを確認した



実験②[1/3]

以下の測定条件でシミュレーションを行った

シミュレーション時間: 1000[ms]

到着率: 10

測定間隔: 5[ms]

初期集約個数: 20

到着間隔の c^2 : 2, 8

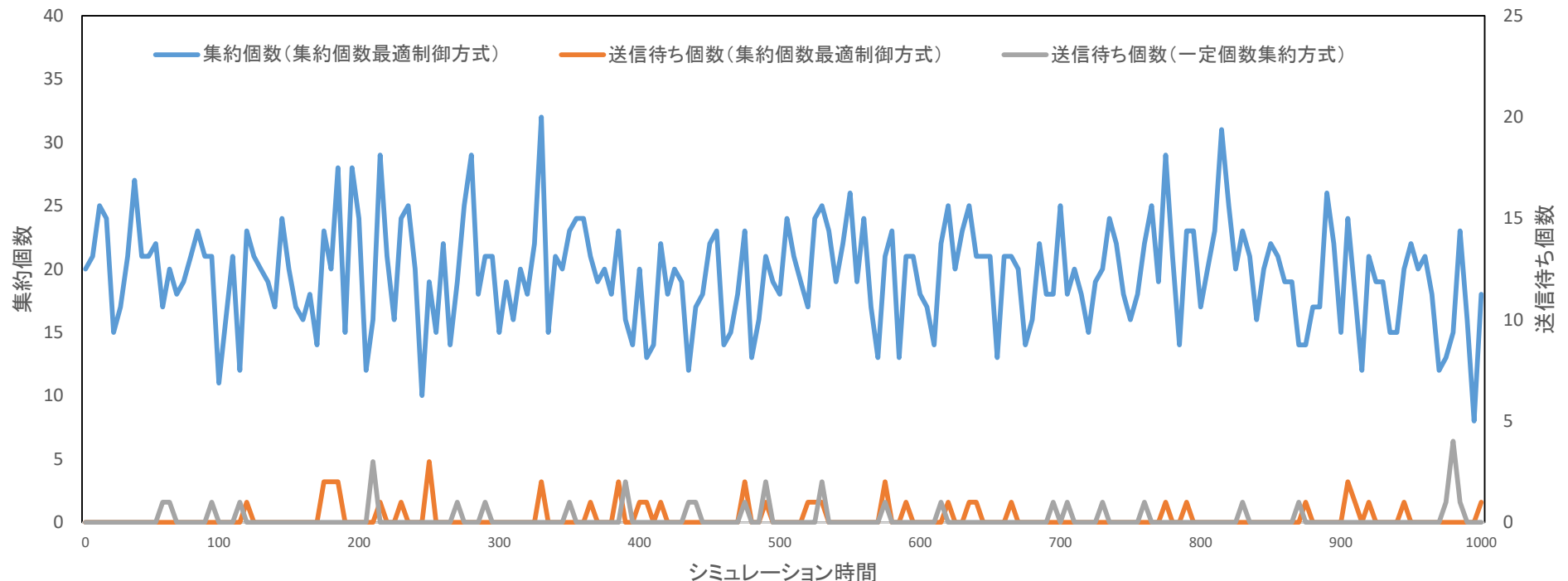
$$c^2 = \text{平方変動係数} = \frac{\text{分散}}{\text{平均}^2}$$

実験②[2/3]

-到着の変動の影響評価-

$c^2=2$ でシミュレーションを実行し、集約個数および送信待ち個数の過渡特性をグラフ化した

- ・2次の超指数分布にしたことにより、従来の指数分布より集約個数にばらつきが出ることを確認
- ・変動係数が小さいと送信待ち個数に差が出ないことを確認

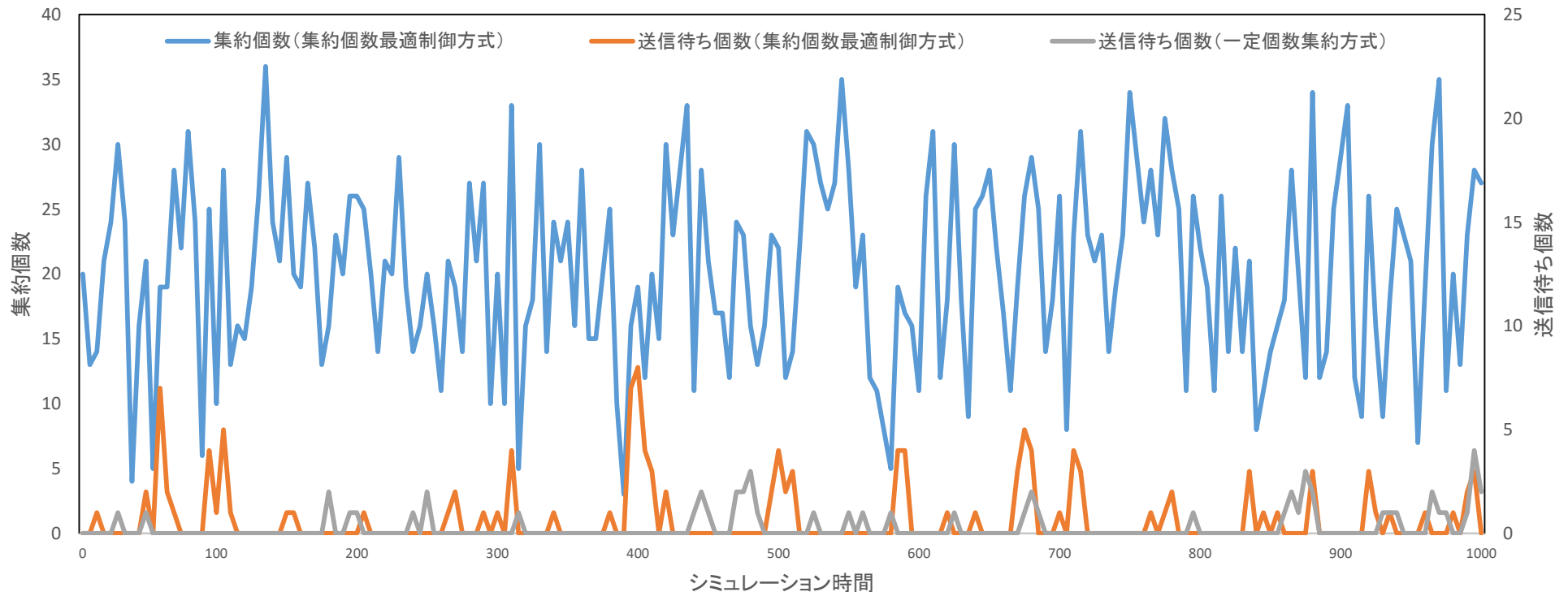


実験②[3/3]

-到着の変動の影響評価-

$c^2=8$ でシミュレーションを実行し、集約個数および送信待ち個数の過渡特性をグラフ化した

- ・到着を変動させると集約個数のバラツキが大きくなり、それに伴って送信待ち個数の制御が不安定になる



実験③ [1/9]

-測定間隔の影響評価-

以下の測定条件でシミュレーションを行った

シミュレーション時間: 10[s]

初期集約個数: 20

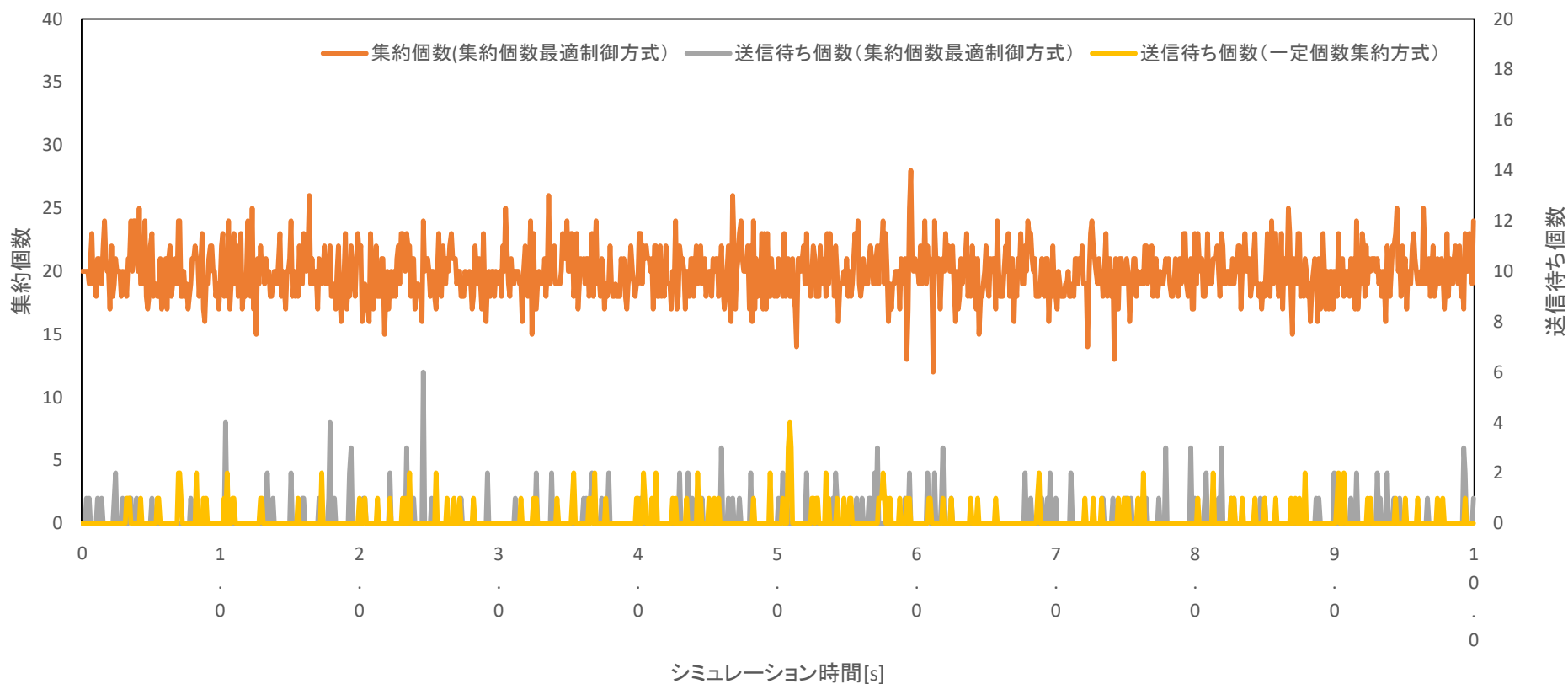
到着率: 10

測定間隔	M	$c^2=2$	$c^2=8$
0.01[s]	(1)	(3)	(5)
0.02[s]	(2)	(4)	(6)

実験③ [2/9]

-測定間隔の影響評価(1)-

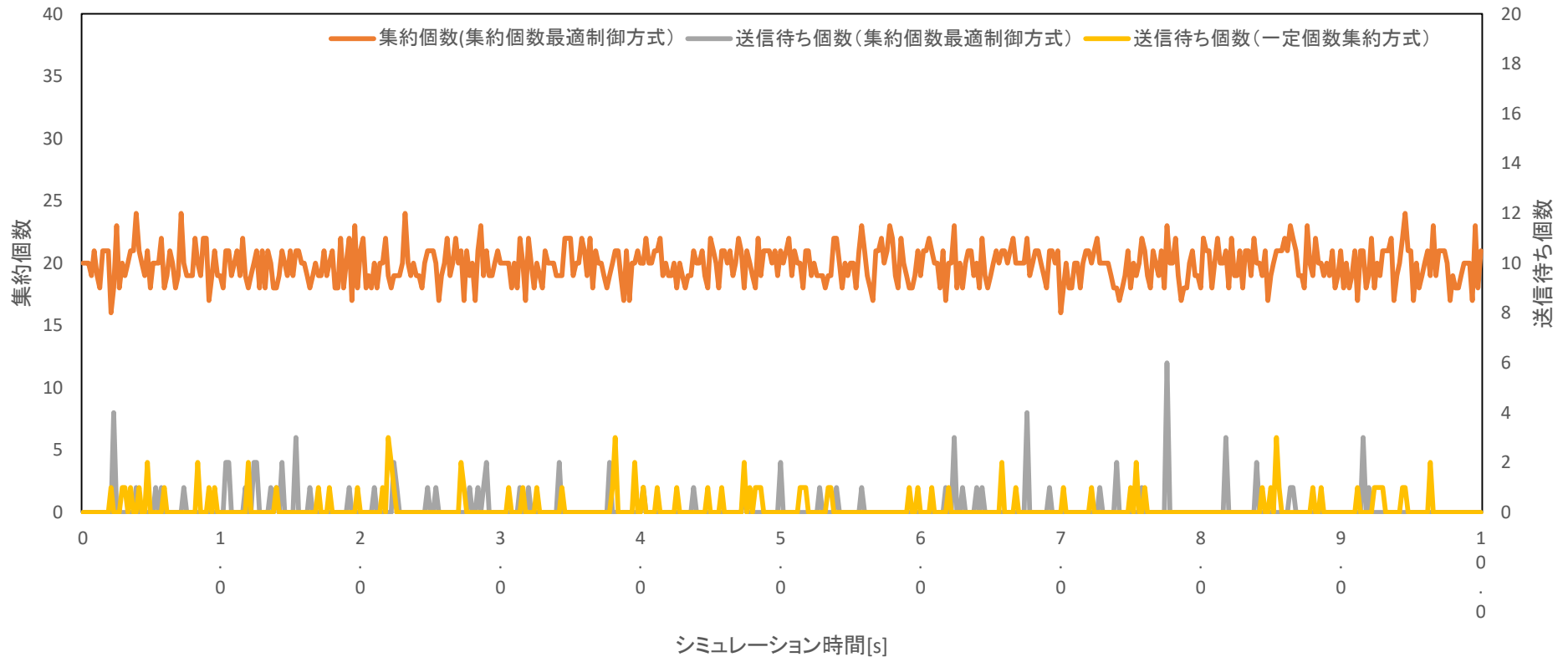
$M, T=0.01$



実験③ [3/9]

-測定間隔の影響評価(2)-

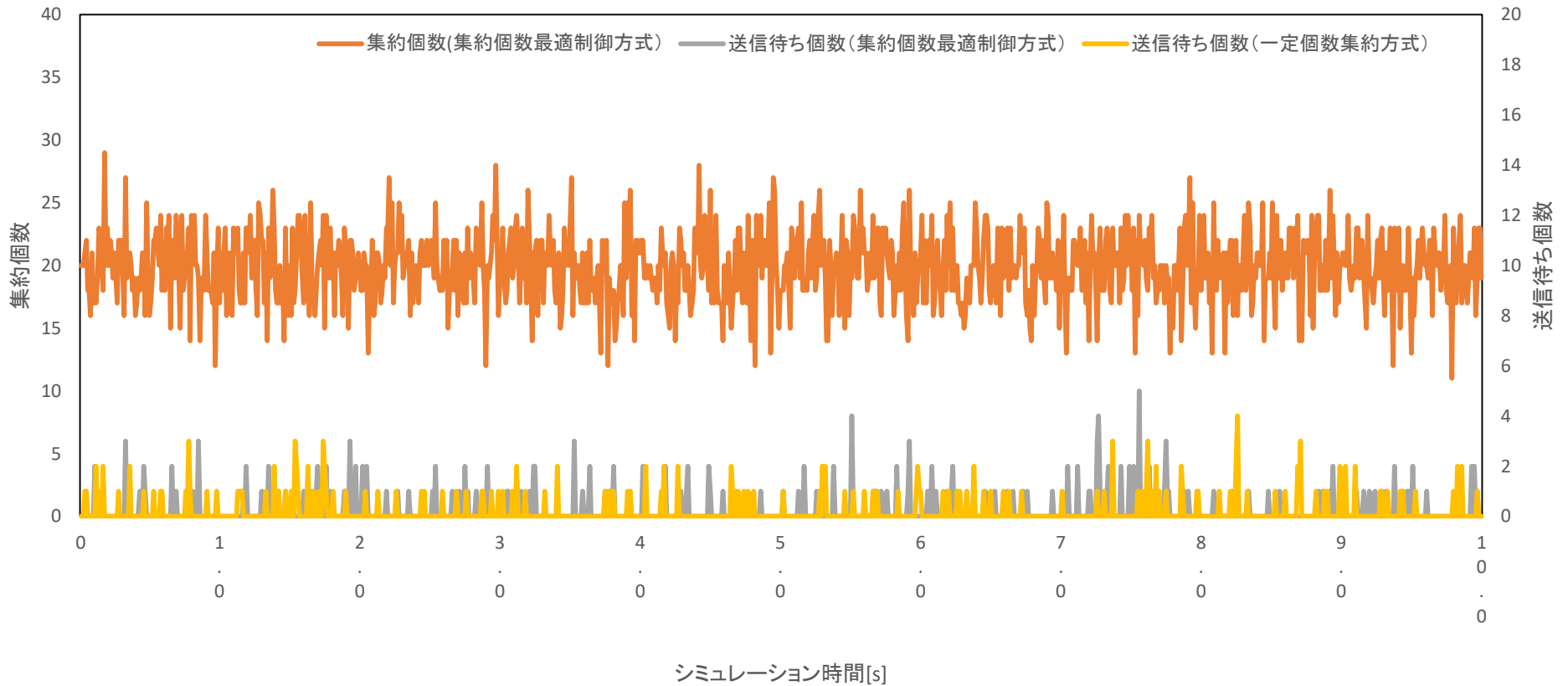
$M, T=0.02$



実験③[4/9]

-測定間隔の影響評価(3)-

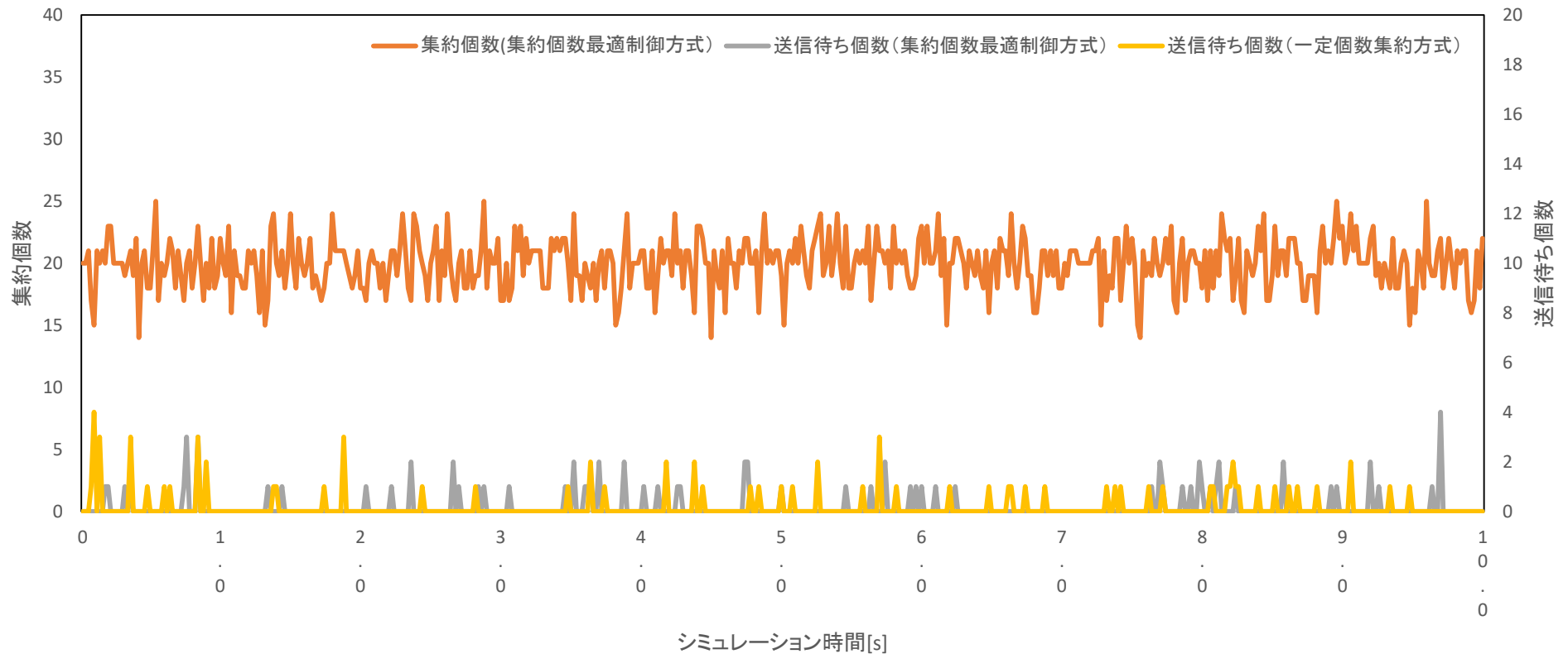
$c^2 = 2$, $T = 0.01$



実験③ [5/9]

-測定間隔の影響評価(4)-

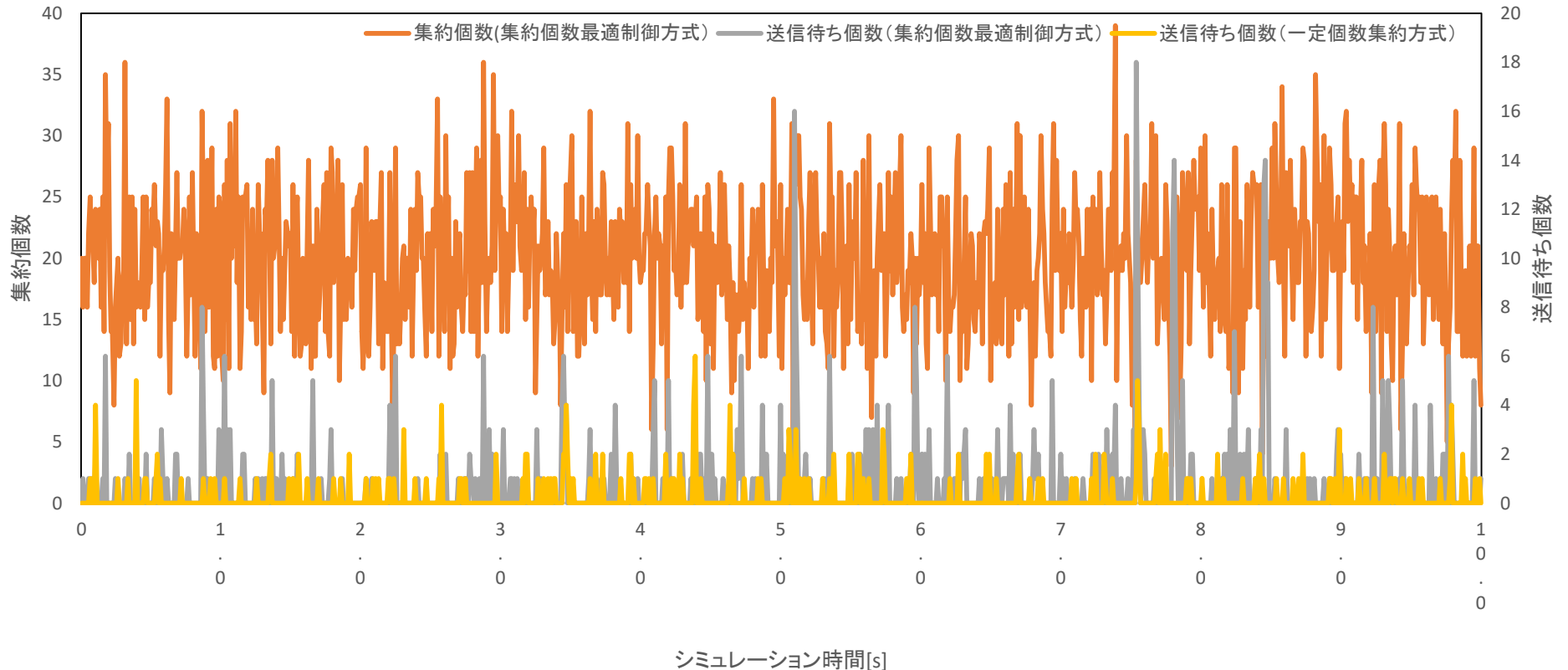
$c^2 = 2$, $T = 0.02$



実験③ [6/9]

-測定間隔の影響評価(5)-

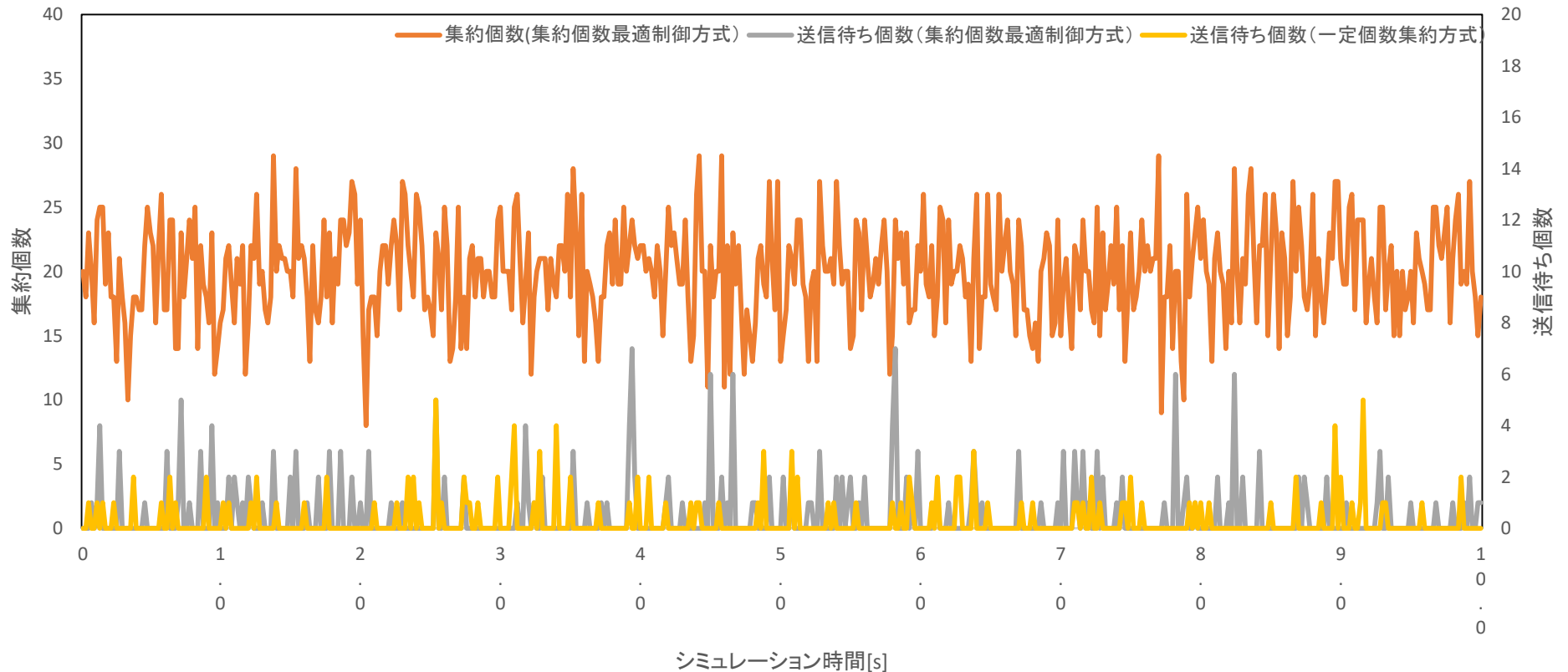
$c^2 = 8$, $T = 0.01$



実験③ [7/9]

-測定間隔の影響評価(6)-

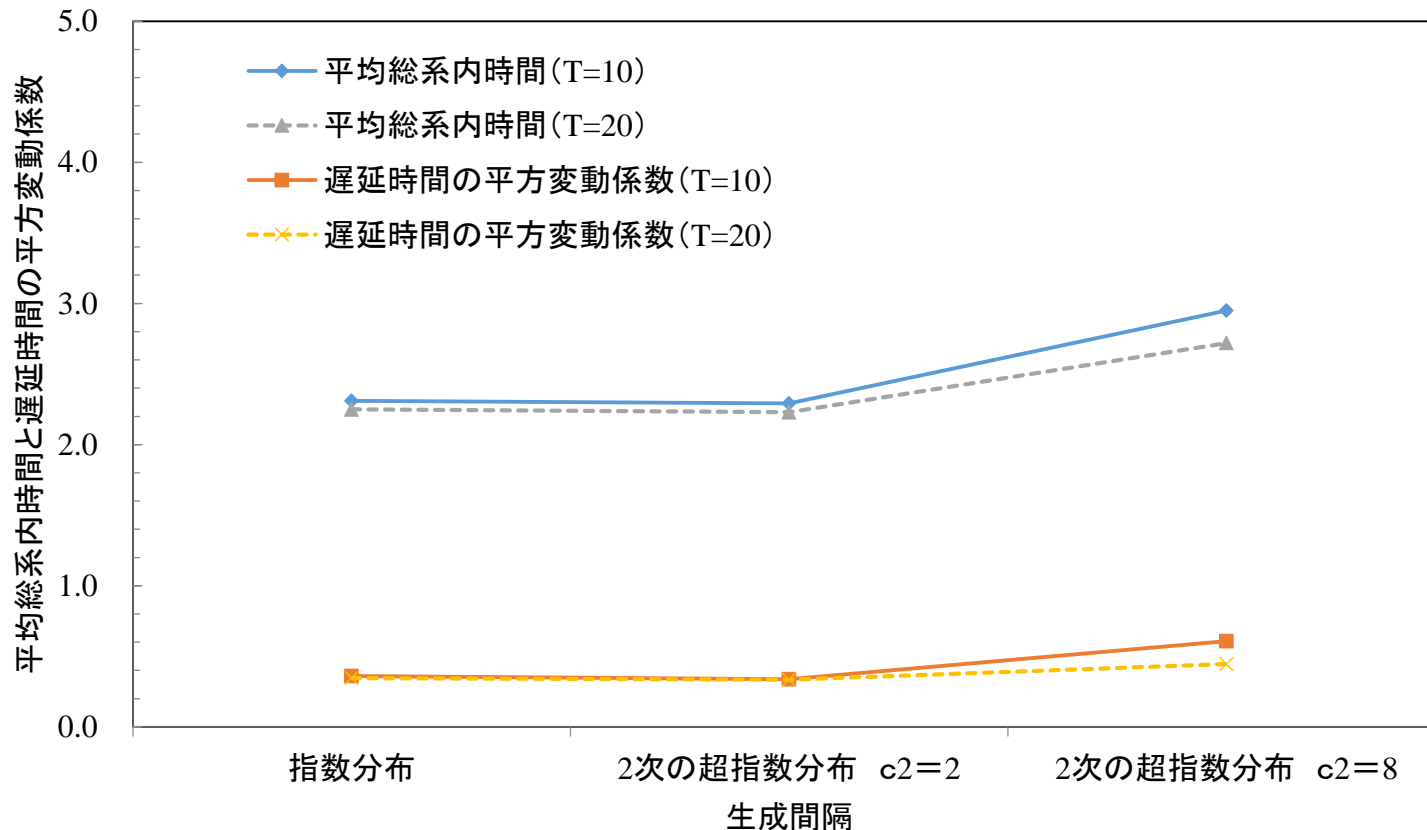
$c^2 = 8$, $T = 0.02$



実験③ [8/9]

-測定間隔の影響評価-

測定間隔を変化させた場合の平均総系内時間と遅延時間の平方変動係数をグラフ化した



結論 [9/9]

-測定間隔の影響評価-

測定間隔を延ばすと集約個数が平滑化されることを確認

到着を変動させると集約個数のバラツキが大きくなり、それに伴って送信待ち個数の若干の増加が見られることを確認

急激な到着率の増減および到着過程の変動に対して集約個数を適応的に変化させ、変動を吸収することで、安定した過渡特性を示すことを確認

今後の計画①

- 1.実験3の条件で10回ずつシミュレーションを実行
- 2.測定結果より平均総系内時間と95%信頼区間の算出
- 3.シミュレーションの結果をグラフ化
- 4.シミュレーションの結果の考察

今後の計画②

- 1.最適集約個数に上下限を追加したモデルでのシミュレーションを実行
- 2.シミュレーション結果のグラフ化
- 3.シミュレーション結果の考察
- 4.測定条件を変更し、再度シミュレーションを行う

参考文献

- [1]モバイルコンピューティング推進コンソーシアム, IoT技術テキスト, リックテレコム, 2016.
- [2]林昌吾, 落合秀也, 江崎浩: 大規模センサネットワークにおけるTCPデータフローの集約化手法の提案・実装, 信学総大, B-6-54, 2015.
- [3]高橋巖由愛, 根岸瑛志郎, “センサデータ集約方式の提案とシミュレーション評価”, 卒業論文, 2018.
- [4]高橋巖由愛, 根岸瑛志郎, 大田健紘, 平栗健史, 吉野秀明, “センサデータ集約方式のシミュレーション評価の一検討”, 信学会総合大会, B-11-18, 2018.
- [5]吉野秀明, 大田健紘, 平栗健史, “基本的データ集約方式の系内時間特性と最適集約パラメータ”, 信学技報, CQ2017-122, pp.111-116, 2018-03.