

LTE 環境における応答遅延特性の時系列モデリングによる分析
Analysis of delay characteristics of connection through LTE by time series analysis

令和 2 年 3 月 4 日

山本 航平

1 進捗報告

- 5 月開催 IN 研究会への参加申し込みを行いました.
- “aws.amazon.com”, “news.yahoo.co.jp”, “13.114.202.235 (AWS サーバ)” を対象に計測実験を行いました.
- traceroute 結果より通信経路を調べました.

2 アブストラクト

産業用モニタリングシステムにおける運用管理コストの低減のため, 迅速な障害検知・予測, ならびに原因の特定と対処法の提示が求められている. その実現にむけて, 無線機器からサーバまでの LTE 回線を含む通信路について, 異なる場所や時間帯において応答遅延の計測を行った. 本稿では, 遅延の変動特性や, 場所や曜日, 時間帯に依存した傾向の有無について, 時系列モデルを用いたクラスタリングによって分析した結果を示す.

キーワード: LTE (Long Term Evolution), 応答遅延, 障害検知, 時系列モデリング

3 計測実験設定

4 計測結果

2/22 (土) から 3/3 (火) までの計測結果を図 1 から図 22 に示す. ping 応答遅延の計測データを縦軸に取り, 横軸に計測開始時のものから 1 から順に割り振ったインデックス t を取った. 縦軸の範囲は 0ms から 400ms までとし, 100ms から 400ms までの区間は縮小してある. また, 各図の上にそのデータの平均と分散を記した.

aws.amazon.com を対象とした計測データの平均値は 38ms から 42ms 程度であった. また, 特徴的な計測データとして, 図 5(d) のように比較的遅延変動が起こりにくいものが見て取れた. traceroute の結果は, 2/22 (土) 3:00 から 2/23 (日) 13:00 までと, 2/25 (火) 17:00 から 2/28 (金) 21:00 までは主に

```
1 *
2 *
3 osk004ix51.IIJ.Net (58.138.106.126)
4 210.173.178.59 (210.173.178.59) , 210.173.178.61 (210.173.178.61)
5 *
6 *
7 *
8 *
9 *
10 *
11 *
12 server-13-224-139-70.nrt51.r.cloudfront.net (13.224.139.70)
```

となっていた. 4 ホップ目はともに大阪にある IX である. 2/23 (日) 17:00 から 2/25 (火) 13:00 までは主に

```
1 *
2 tky008nasgw110.IIJ.Net (160.13.52.245)
3 *
4 tky001bb10.IIJ.Net (58.138.88.1)
5 tky001ix15.IIJ.Net (58.138.102.210)
6 210.173.176.188 (210.173.176.188) , 210.173.176.198 (210.173.176.198)
7 *
8 52.95.30.16 (52.95.30.16) , 52.95.30.18 (52.95.30.18) , ...
9 *
10 *
11 *
12 *
13 *
14 *
15 *
16 server-54-230-172-71.nrt57.r.cloudfront.net (54.230.172.71)
```

となっていた. 6 ホップ目はともに東京にある IX であり, 8 ホップ目は全て東京にある Amazon のネットワーク内の機器であり所在地は日本であった.

news.yahoo.co.jp を対象とした計測データの平均値は, 42ms から 45ms 程度であった. traceroute による経路だが,

```

1 *
2 tky008nasgw110.IIJ.Net (160.13.52.241)
3 *
4 *
5 osk004ip56.IIJ.Net (58.138.106.154)
6 210.138.106.238 (210.138.106.238)
7 183.79.224.146 (183.79.224.146)
8 183.79.250.123 (183.79.250.123)
や
1 *
2 tky008nasgw110.IIJ.Net (160.13.52.245)
3 *
4 tky001bb10.IIJ.Net (58.138.88.1)
5 tky001ix50.IIJ.Net (58.138.102.34)
6 210.130.154.162 (210.130.154.162)
7 *
8 182.22.25.124 (182.22.25.124)

```

などが入り混じっていた。ping や traceroute の宛先をドメイン名 news.yahoo.co.jp で指定したため実行毎に名前解決が行われ異なるサーバに対し計測を行ってしまった。今後は IP アドレス指定で計測を行います。

AWS サーバを対象とした計測データの平均値は、70ms 前半のものと 80ms 後半のものが見て取れる。また、特徴として単発的に 40ms 程度の小さな応答遅延が発生するようだ。traceroute による経路は、2/29 (土) 3:00 から 2/29 (土) 13:00 までは

```

1 *
2 *
3 osk004ix50.IIJ.Net (58.138.106.122)
4 210.173.178.59 (210.173.178.59)
5 *
6 *
7 *
8 54.239.53.47 (54.239.53.47)
9 *
10 *
11 52.95.31.219 (52.95.31.219)
12 *
13 *
14 52.95.30.220 (52.95.30.220)
15 *
16 *
=====
120 *

```

となっており, 2/29 (土) 17:00 から 3/3 (火) 21:00 までは

```
1 *
2 tky008nasgw110.IIJ.Net (160.13.52.241)
3 *
4 tky001bb10.IIJ.Net (58.138.88.1)
5 tky001ix11.IIJ.Net (58.138.101.2)
6 210.173.176.188 (210.173.176.188)
7 *
8 *
9 *
10 *
11 *
12 *
13 *
14 *
15 52.95.31.197 (52.95.31.197)
16 *
17 *
18 52.95.30.208 (52.95.30.208)
19 *
=====
120 *
```

となっていた. IP アドレス 52.95.30.0 から 52.95.31.255 は Amazon のネットワーク内の機器であり所在地は日本である. また, 原因はよくわからないのですが, 120 ホップまででは AWS サーバから traceroute の応答が得られませんでした.

5 今後の予定

- fBm (fractional Brownian motion : 非整数ブラウン運動) モデルへの適用を検討します.
- ポスターを作成します.
- 卒論の内容をもとに IN の原稿を執筆します. 改善点として, パラメータの次数決めにおいて AIC の代わりに WBIC などの他の情報量基準を用いることや, モデルの適合度の評価において, リュング・ボックス検定などの検定を行うことを考えています.

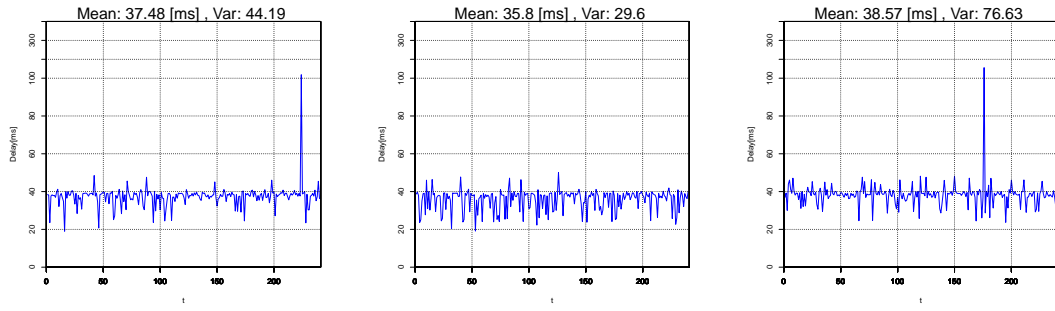
6 スケジュール

日付	予定
3/21	ポスター完成
3/31	ポスター締め切り
4/1	原稿書き上げ
	原稿締め切り
5/21 - 5/22	IN 研究会

原稿執筆後：抄録とキーワードの登録（日本語と英語）

プログラム決定後：参加費支払い

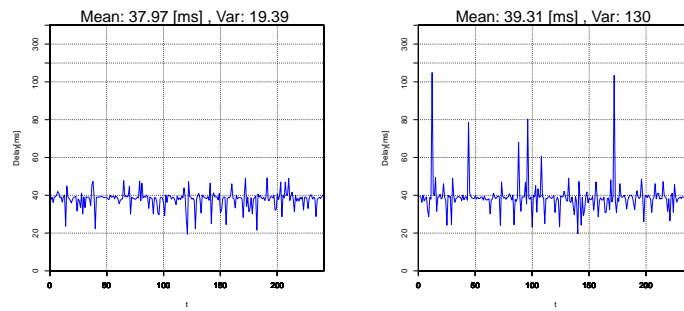
5/14～：技報ダウンロード開始



(a) 3:00 - 4:00

(b) 7:00 - 8:00

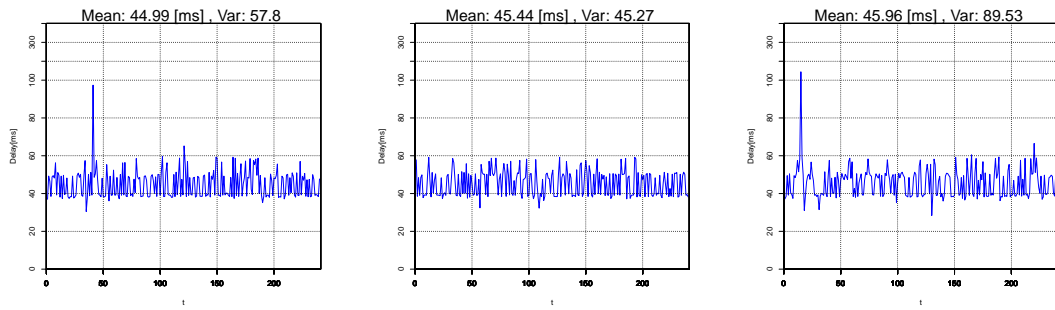
(c) 12:00 - 13:00



(d) 17:00 - 18:00

(e) 20:00 - 21:00

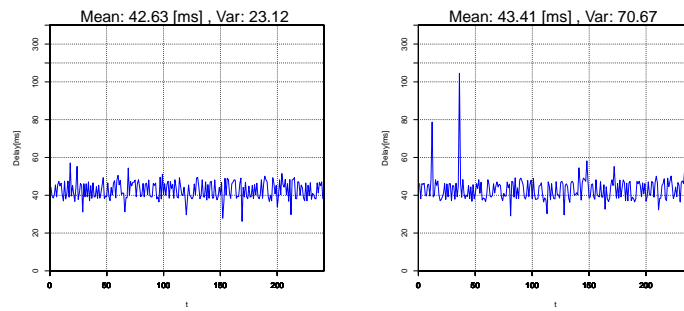
図 1: 2 月 22 日 (土) aws.amazon.com を対象



(a) 3:00 - 4:00

(b) 7:00 - 8:00

(c) 12:00 - 13:00



(d) 17:00 - 18:00

(e) 20:00 - 21:00

図 2: 2 月 22 日 (土) news.yahoo.co.jp を対象

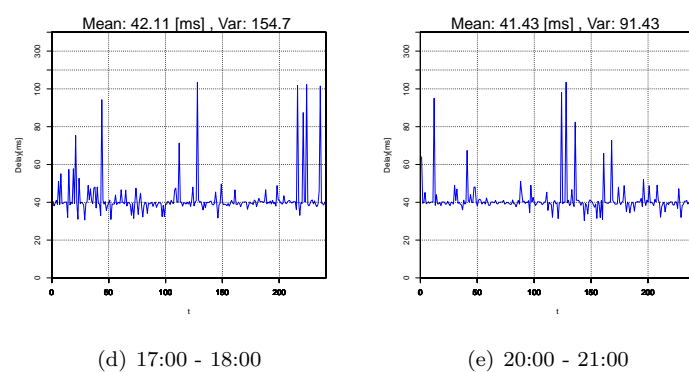
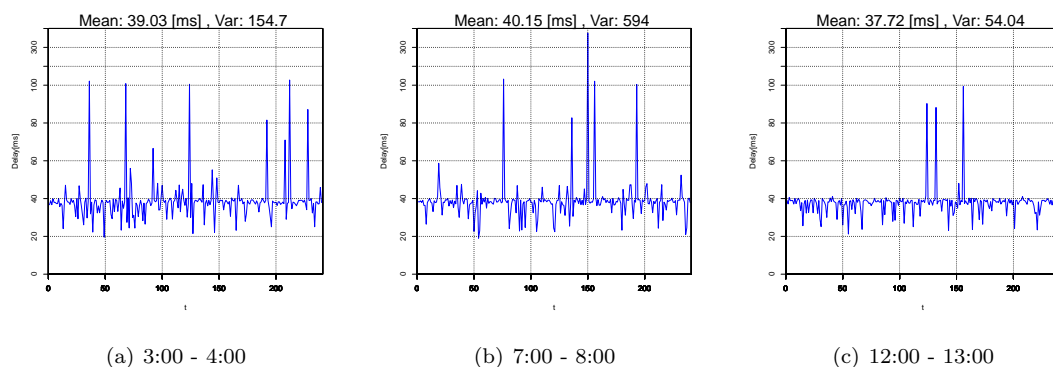


図 3: 2 月 23 日 (日) `aws.amazon.com` を対象

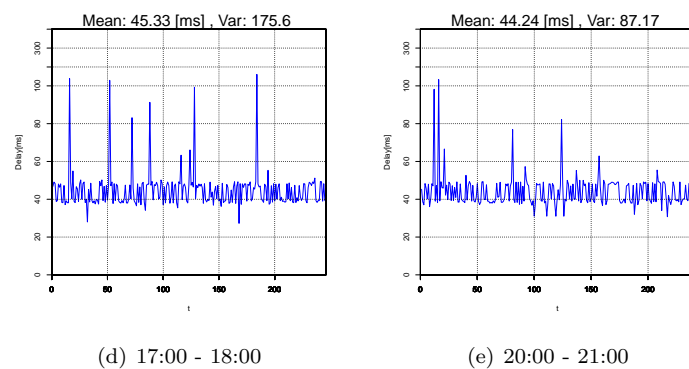
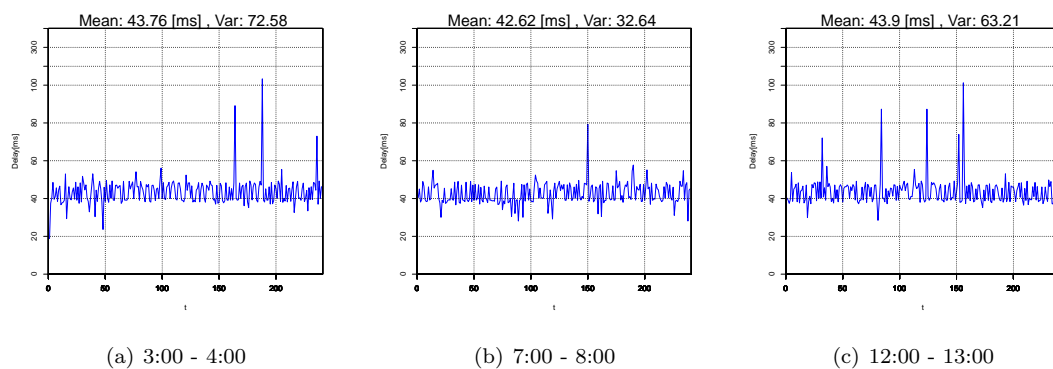
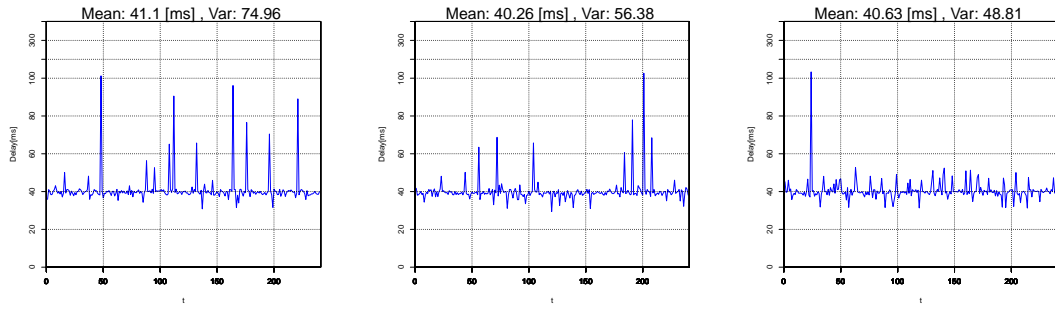


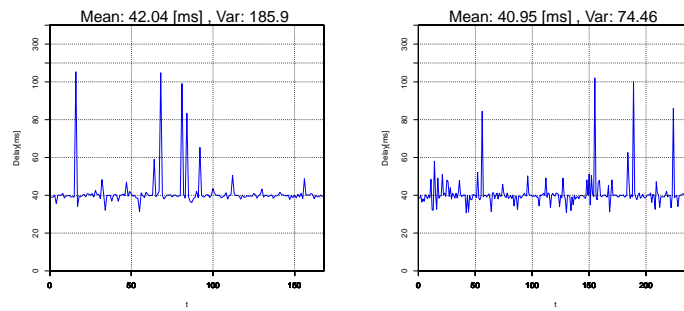
図 4: 2 月 23 日 (日) `news.yahoo.co.jp` を対象



(a) 3:00 - 4:00

(b) 7:00 - 8:00

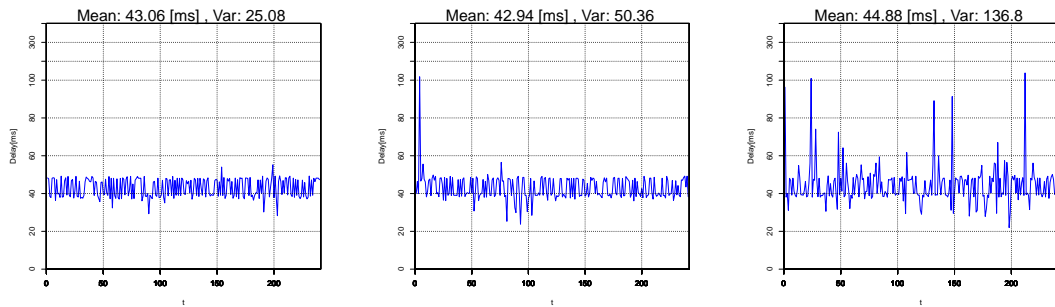
(c) 12:00 - 13:00



(d) 17:00 - 18:00

(e) 20:00 - 21:00

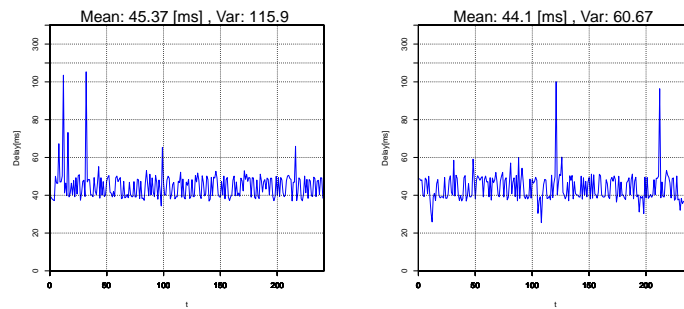
図 5: 2 月 24 日 (月) aws.amazon.com を対象



(a) 3:00 - 4:00

(b) 7:00 - 8:00

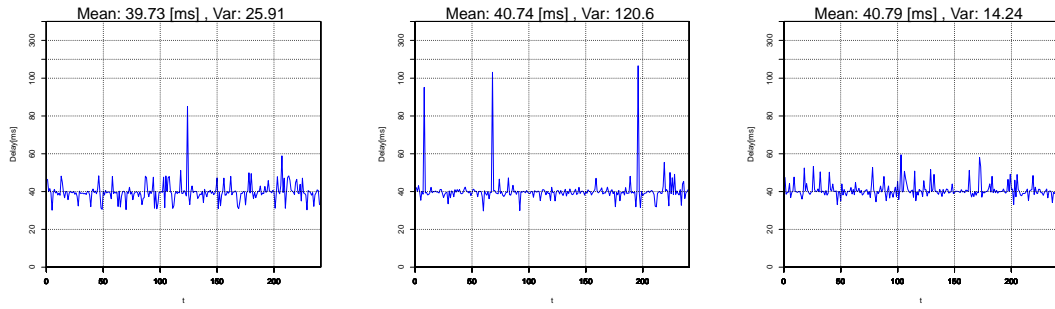
(c) 12:00 - 13:00



(d) 17:00 - 18:00

(e) 20:00 - 21:00

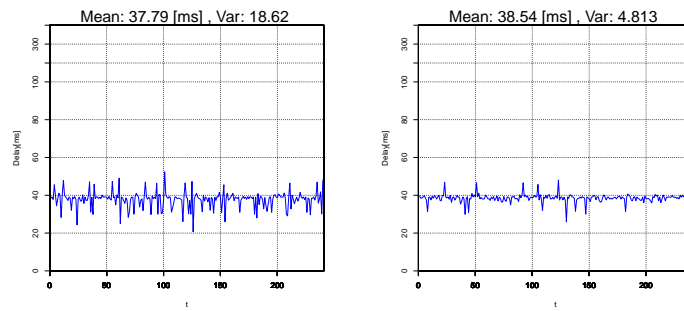
図 6: 2 月 24 日 (月) news.yahoo.co.jp を対象



(a) 3:00 - 4:00

(b) 7:00 - 8:00

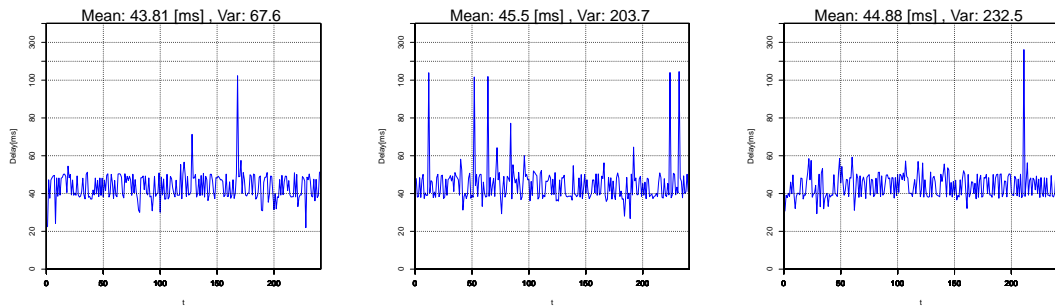
(c) 12:00 - 13:00



(d) 17:00 - 18:00

(e) 20:00 - 21:00

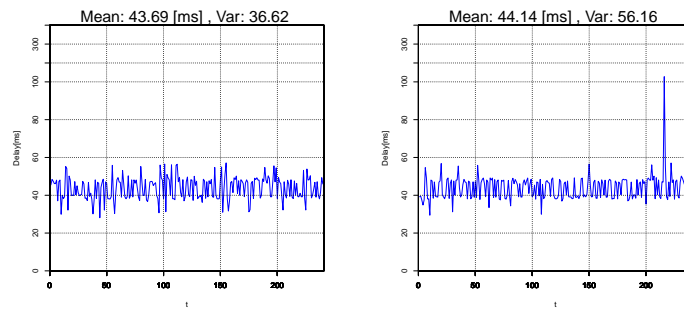
図 7: 2 月 25 日 (火) aws.amazon.com を対象



(a) 3:00 - 4:00

(b) 7:00 - 8:00

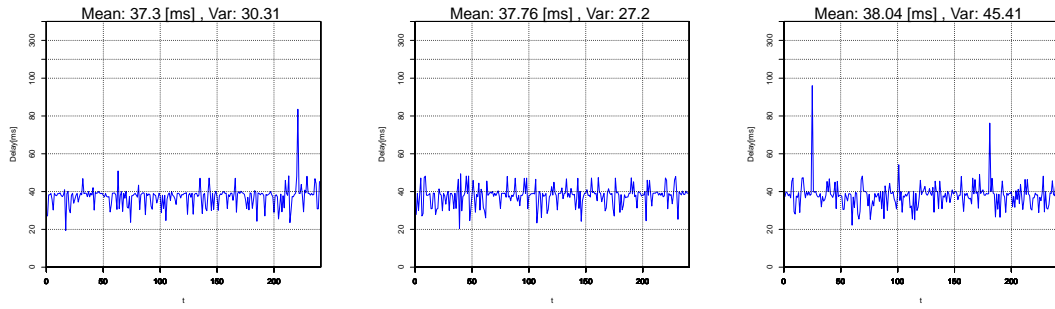
(c) 12:00 - 13:00



(d) 17:00 - 18:00

(e) 20:00 - 21:00

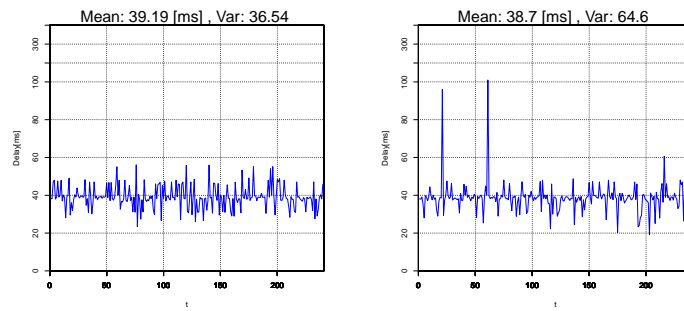
図 8: 2 月 25 日 (火) news.yahoo.co.jp を対象



(a) 3:00 - 4:00

(b) 7:00 - 8:00

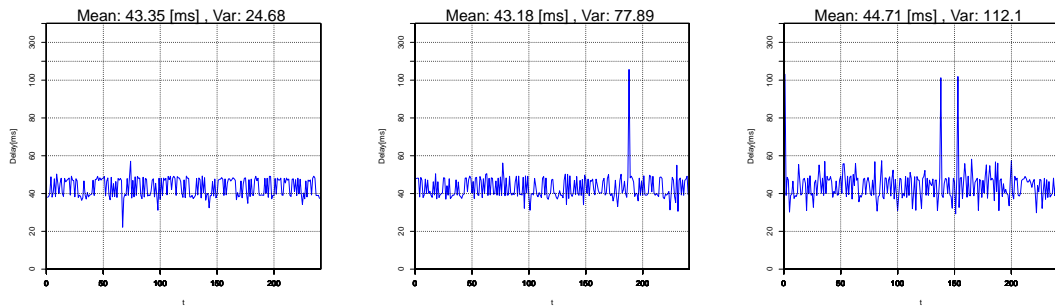
(c) 12:00 - 13:00



(d) 17:00 - 18:00

(e) 20:00 - 21:00

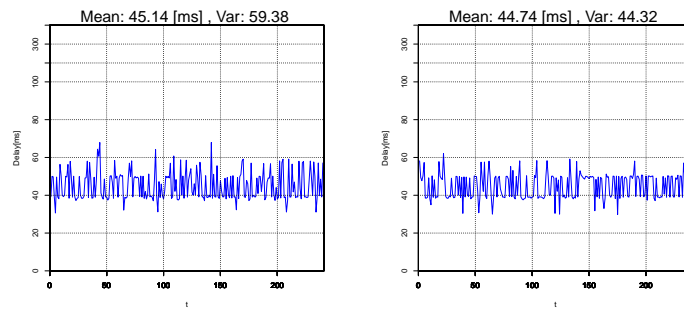
図 9: 2 月 26 日 (水) aws.amazon.com を対象



(a) 3:00 - 4:00

(b) 7:00 - 8:00

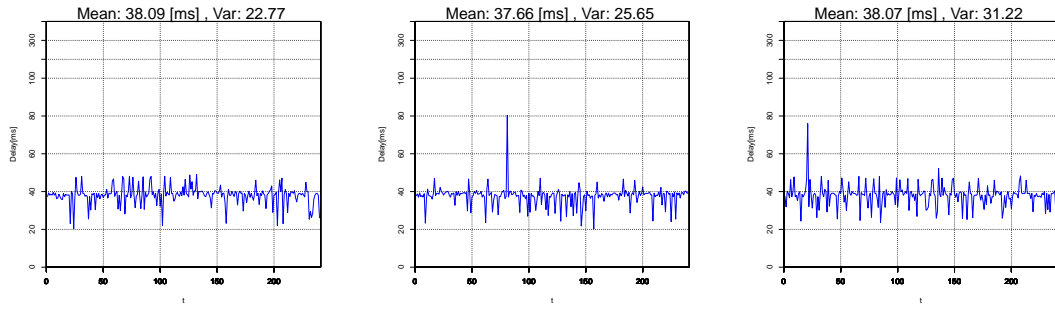
(c) 12:00 - 13:00



(d) 17:00 - 18:00

(e) 20:00 - 21:00

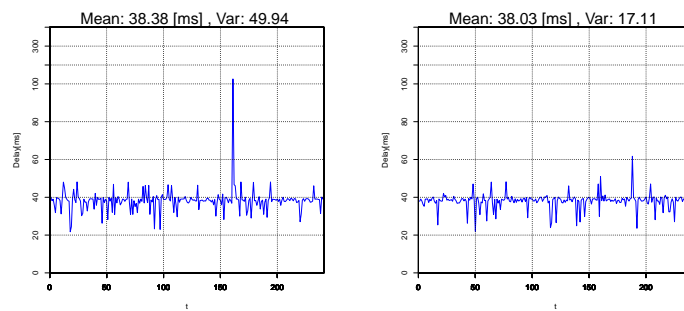
図 10: 2 月 26 日 (水) news.yahoo.co.jp を対象



(a) 3:00 - 4:00

(b) 7:00 - 8:00

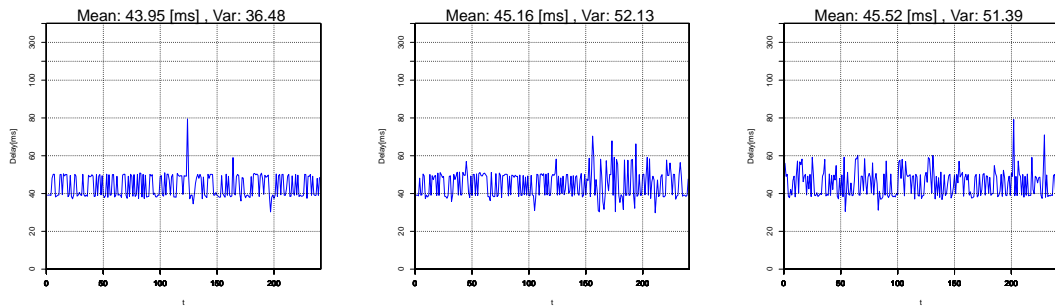
(c) 12:00 - 13:00



(d) 17:00 - 18:00

(e) 20:00 - 21:00

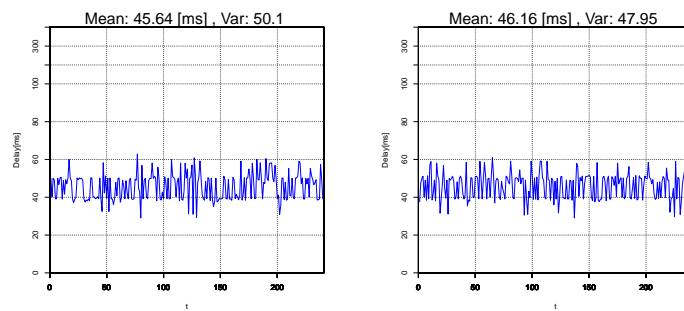
図 11: 2 月 27 日 (木) aws.amazon.com を対象



(a) 3:00 - 4:00

(b) 7:00 - 8:00

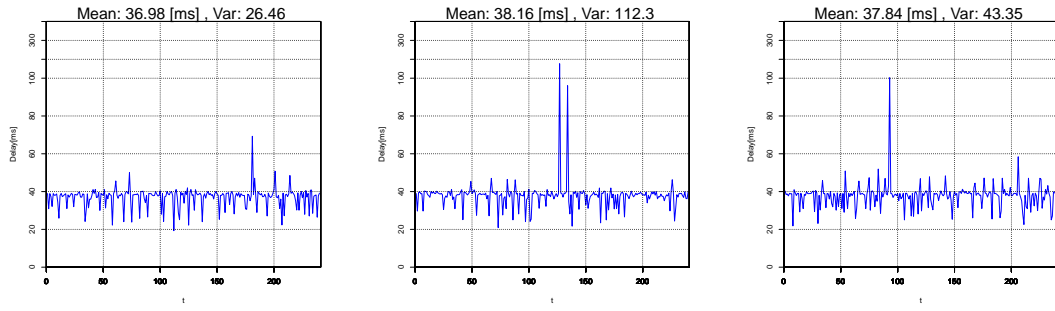
(c) 12:00 - 13:00



(d) 17:00 - 18:00

(e) 20:00 - 21:00

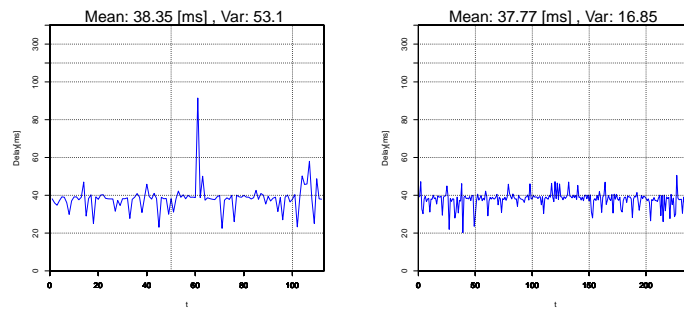
図 12: 2 月 27 日 (木) news.yahoo.co.jp を対象



(a) 3:00 - 4:00

(b) 7:00 - 8:00

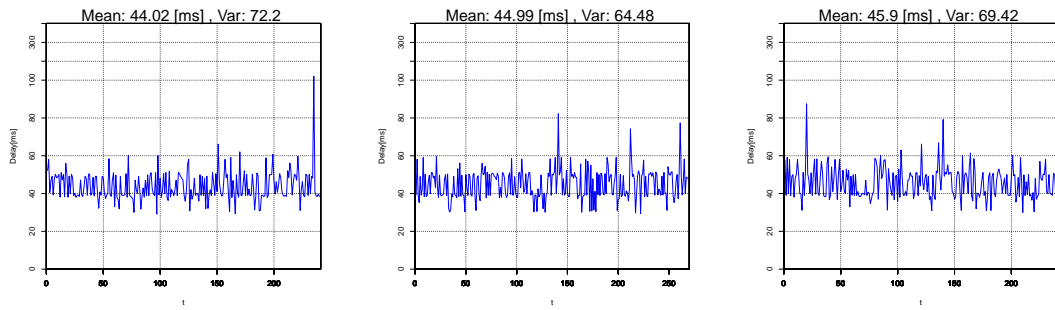
(c) 12:00 - 13:00



(d) 17:00 - 18:00

(e) 20:00 - 21:00

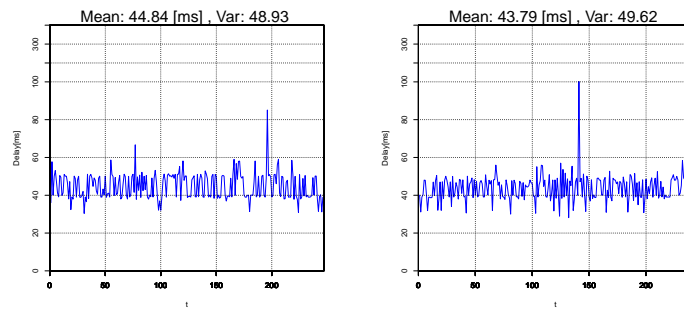
図 13: 2 月 28 日 (金) aws.amazon.com を対象



(a) 3:00 - 4:00

(b) 7:00 - 8:00

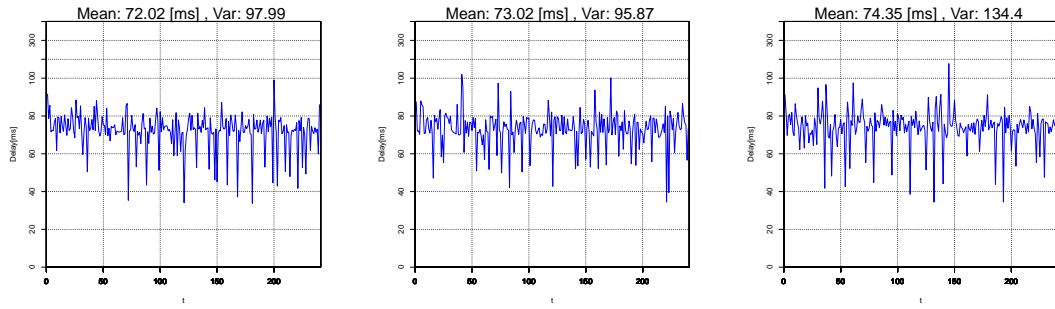
(c) 12:00 - 13:00



(d) 17:00 - 18:00

(e) 20:00 - 21:00

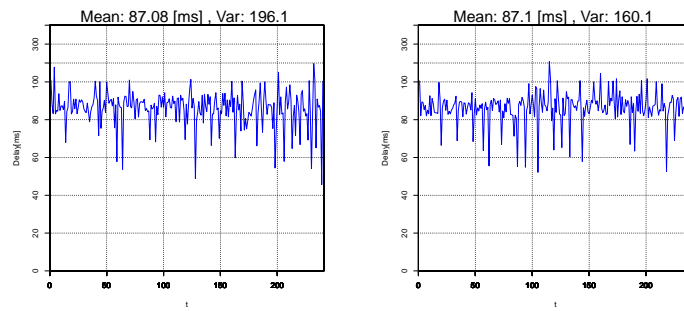
図 14: 2 月 28 日 (金) news.yahoo.co.jp を対象



(a) 3:00 - 4:00

(b) 7:00 - 8:00

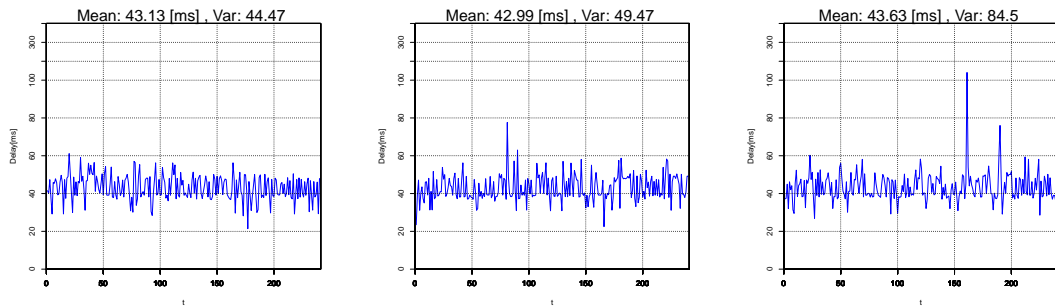
(c) 12:00 - 13:00



(d) 17:00 - 18:00

(e) 20:00 - 21:00

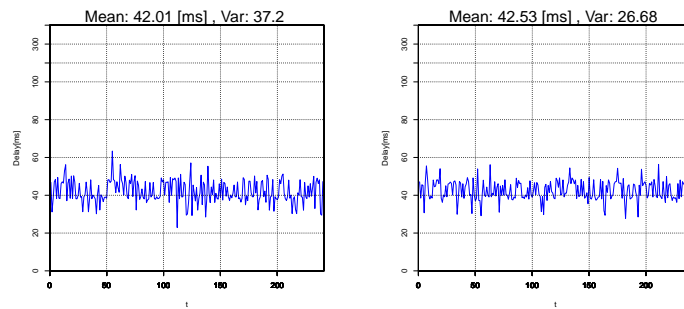
図 15: 2 月 29 日 (土) AWS サーバを対象



(a) 3:00 - 4:00

(b) 7:00 - 8:00

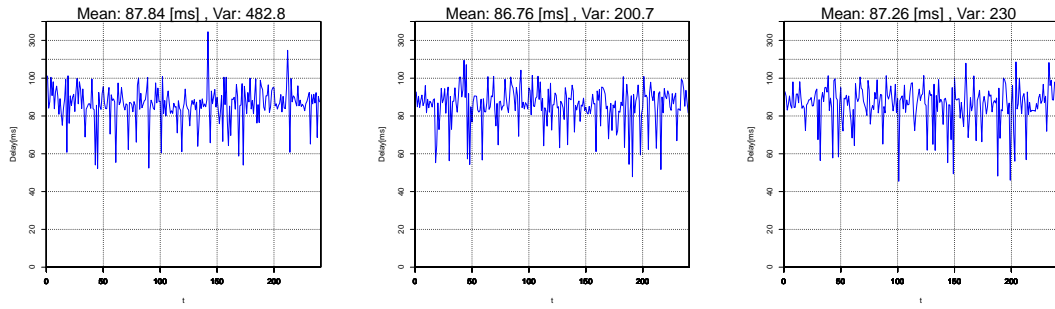
(c) 12:00 - 13:00



(d) 17:00 - 18:00

(e) 20:00 - 21:00

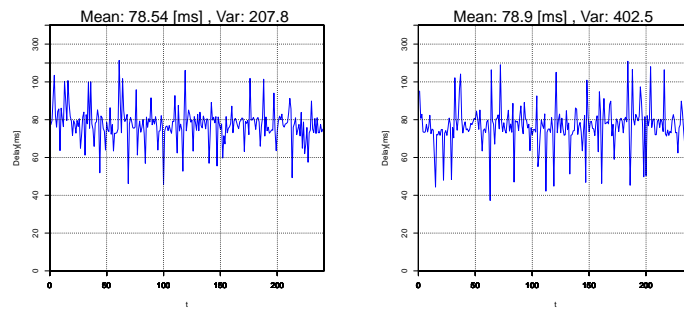
図 16: 2 月 29 日 (土) news.yahoo.co.jp を対象



(a) 3:00 - 4:00

(b) 7:00 - 8:00

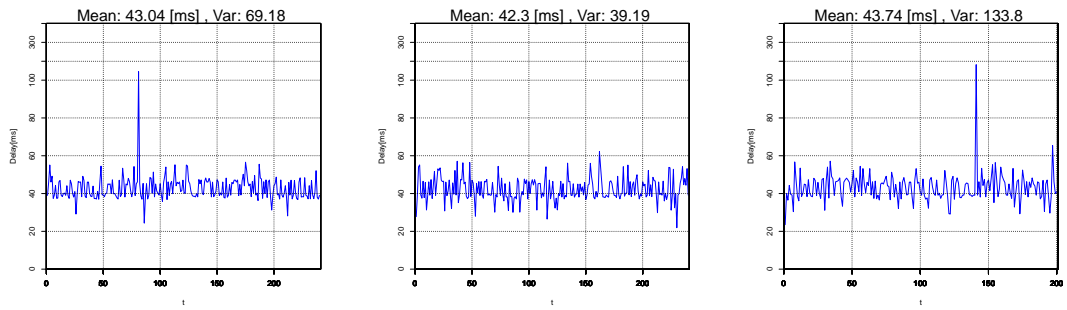
(c) 12:00 - 13:00



(d) 17:00 - 18:00

(e) 20:00 - 21:00

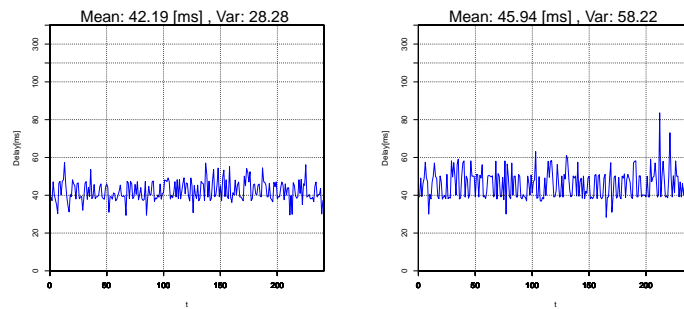
図 17: 3 月 1 日 (日) AWS サーバを対象



(a) 3:00 - 4:00

(b) 7:00 - 8:00

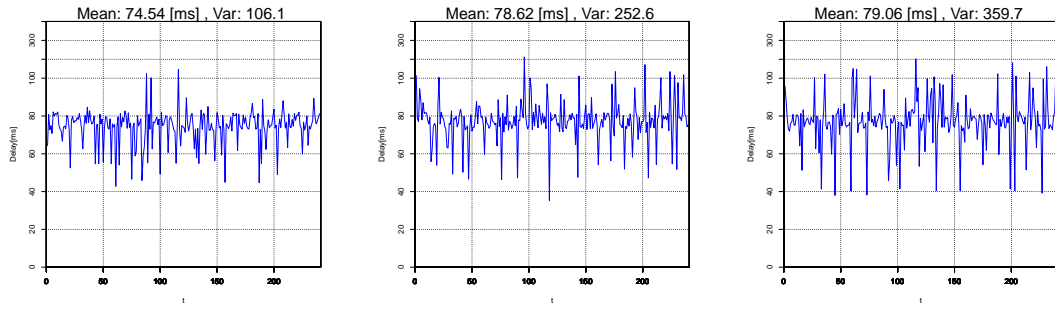
(c) 12:00 - 13:00



(d) 17:00 - 18:00

(e) 20:00 - 21:00

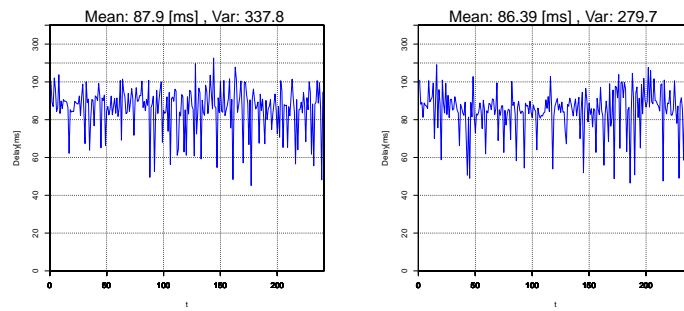
図 18: 3 月 1 日 (日) news.yahoo.co.jp を対象



(a) 3:00 - 4:00

(b) 7:00 - 8:00

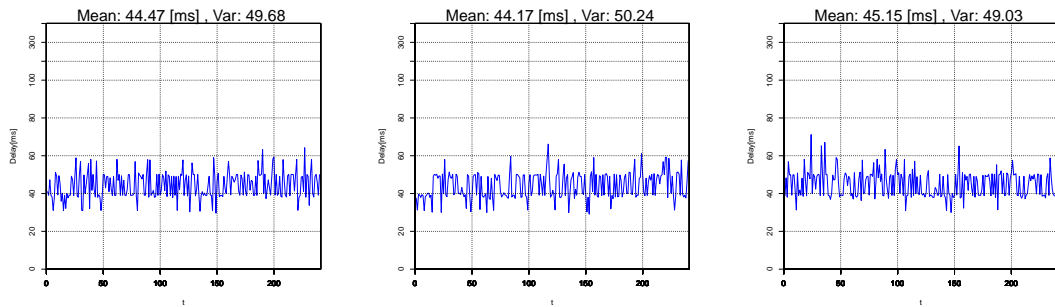
(c) 12:00 - 13:00



(d) 17:00 - 18:00

(e) 20:00 - 21:00

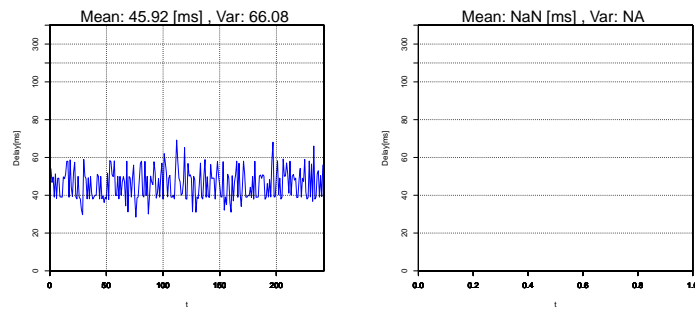
図 19: 3 月 2 日 (月) AWS サーバを対象



(a) 3:00 - 4:00

(b) 7:00 - 8:00

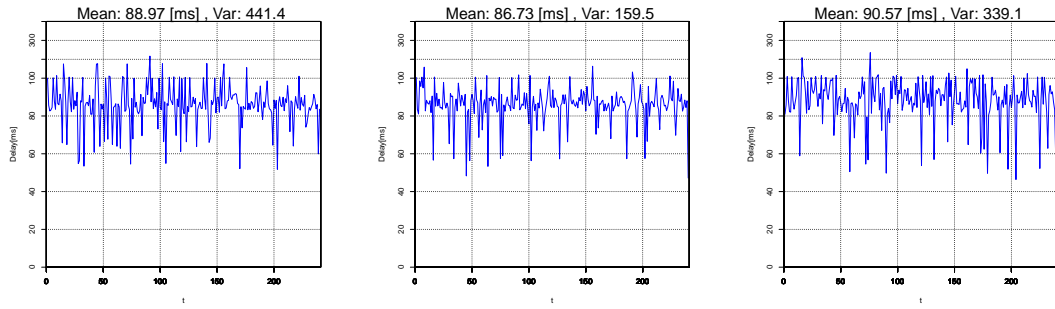
(c) 12:00 - 13:00



(d) 17:00 - 18:00

(e) 20:00 - 21:00

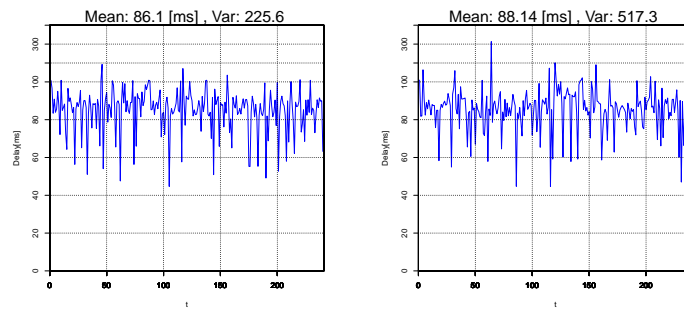
図 20: 3 月 2 日 (月) news.yahoo.co.jp を対象



(a) 3:00 - 4:00

(b) 7:00 - 8:00

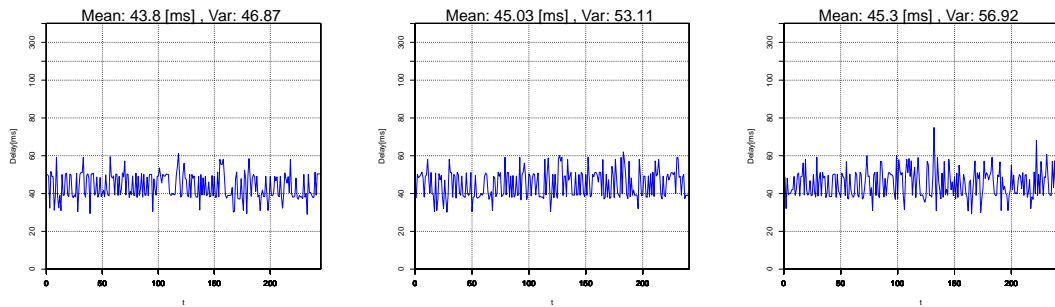
(c) 12:00 - 13:00



(d) 17:00 - 18:00

(e) 20:00 - 21:00

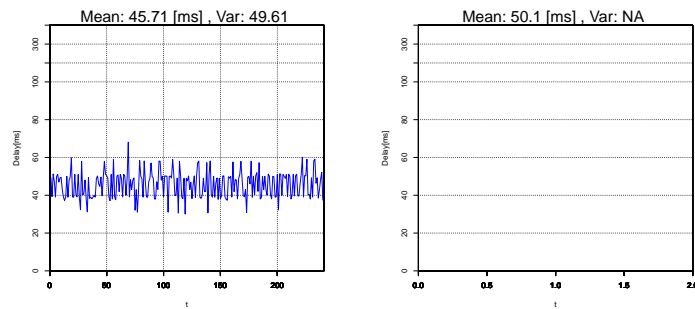
図 21: 3 月 3 日 (火) AWS サーバを対象



(a) 3:00 - 4:00

(b) 7:00 - 8:00

(c) 12:00 - 13:00



(d) 17:00 - 18:00

(e) 20:00 - 21:00

図 22: 3 月 3 日 (火) news.yahoo.co.jp を対象