

病院外来で生じる精算待ち行列の 会計ログデータに基づく分析

井上 文彰 大阪大学大学院工学研究科

石井 豊恵 神戸大学大学院保健学研究科

前田 英一 神戸大学医学部附属病院

病院外来の待ち行列

- 病院外来は待ち行列ネットワークの代表例



◆ しばしば、大きな待ち時間や混雑が生じる

- 特に、会計部分の待ち時間は患者の不満に直結

◆ 既に診察を終えたのに、なかなか帰宅できない

◆ 身体的・心理的負担感

本発表では、

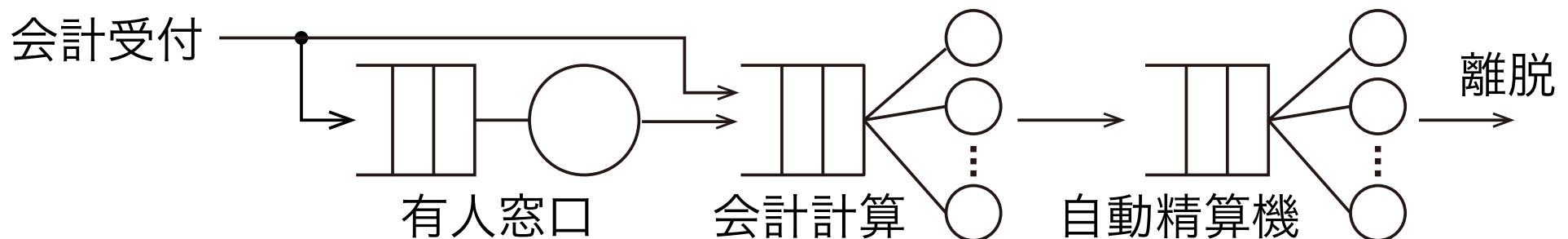
- ある総合病院から提供を受けたデータに基づいて
病院外来の会計待ちを分析した結果を紹介する

分析対象の病院の概要

- 1日に1,000人を超える外来患者が来院する大規模総合病院
- 会計システムおよび自動精算機(5台)を導入済

典型的な患者の受診フロー:

- 来院時に、診察券を診察受付機に通す
- 各診療科で診察を受ける
- 診察を終えると、会計計算受付機に診察券を通す
 - ➡ 保険証の確認等が必要な場合、有人窓口へ案内
- 会計計算完了の通知を受けると、自動精算機で料金を支払う



会計ログデータ

- 当該病院では、会計受付システムのログデータを蓄積

患者レコードの例:

			⋮
16	09:09:19	09:11:16	受付:2
	09:11:17	09:11:07	会計情報発生。(0円以外)
	09:11:17	09:11:17	精算機案内表示開始。(来院番号:183)
	09:12:07	09:12:04	会計精算(入金)
17	09:09:33	09:11:32	受付:2
	09:11:42	09:11:24	会計情報発生。(0円以外)
	09:11:42	09:11:42	精算機案内表示開始。(来院番号:104)
	09:12:57	09:12:45	会計精算(入金)
			⋮

- 今回は2015年・2016年のデータ(485日)の提供を受けた

◆ 述べ患者数は764,283

データの前処理 (1)

- ログデータをもとに、患者を以下の 5 種類に分類

(a) 診療料金が 0 円ではない患者

(a-1) 当日中に精算機で支払いを行った患者 (85.0%)

(a-2) 当日中に精算機で支払いを行っていない患者 (1.1%)

(b) 診療料金が 0 円の患者

(b-1) 当日中に精算機で支払いを行った患者 (7.3%)

(b-2) 当日中に精算機で支払いを行っていない患者 (4.9%)

(c) 会計時刻データに欠損のある患者 (1.7%)

- 以下の分析では、(a-1) と (b-1) の患者のみを扱う

◆ 便宜上、分析対象患者数を有効受付数と呼ぶ

データの前処理 (1)

- ログデータをもとに、患者を以下の 5 種類に分類

(a) 診療料金が 0 円ではない患者

(a-1) 当日中に精算機で支払いを行った患者 (85.0%)

(a-2) 当日中に精算機で支払いを行っていない患者 (1.1%)

(b) 診療料金が 0 円の患者

(b-1) 当日中に精算機で支払いを行った患者 (7.3%)

(b-2) 当日中に精算機で支払いを行っていない患者 (4.9%)

(c) 会計時刻データに欠損のある患者 (1.7%)

- 以下の分析では、(a-1) と (b-1) の患者のみを扱う

◆ 便宜上、分析対象患者数を有効受付数と呼ぶ

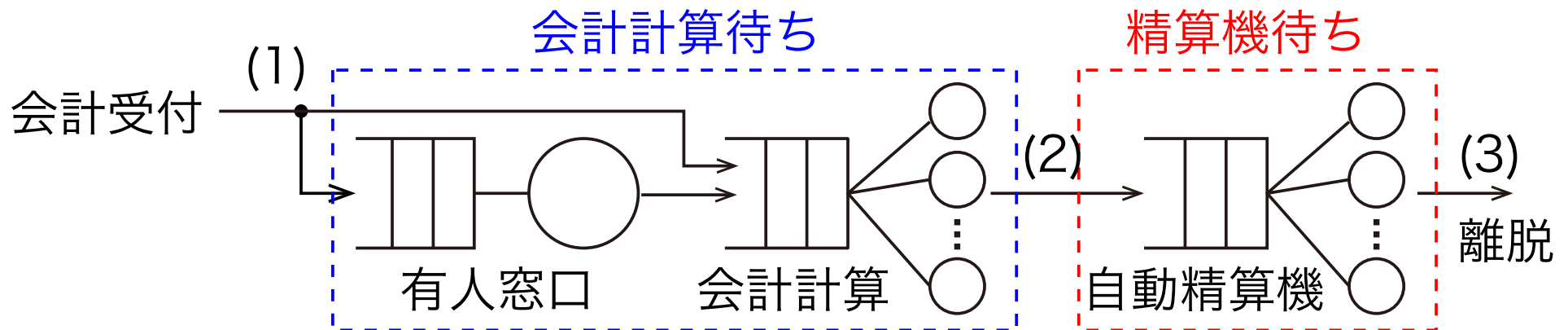
データの前処理 (2)

- 各患者のレコードから，3種類の時刻を取得

(1) 会計受付時刻，(2) 会計計算完了時刻，(3) 支払い完了時刻

これらを集計することで，各日付について次の諸量を計算
(※時刻は午前0時ちょうどを基準とした経過秒数で表す)

- ◆ $A(i)$: 時刻 i までの会計受付の累積数
- ◆ $D^{(1)}(i)$: 時刻 i までの会計計算完了の累積数
- ◆ $D^{(2)}(i)$: 時刻 i までの精算完了の累積数



データの前処理 (3)

$A(i)$: 時刻 i までの会計受付の累積数

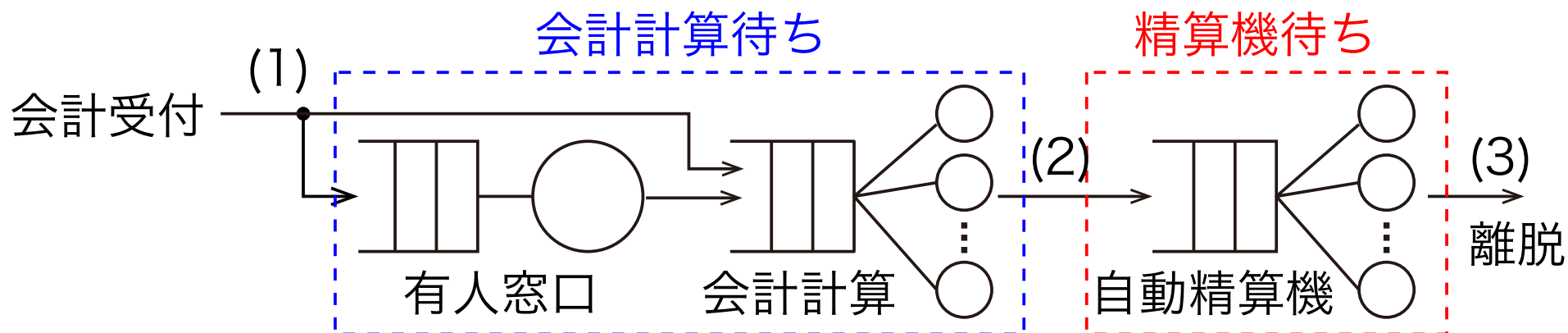
$D^{(1)}(i)$: 時刻 i までの会計計算完了の累積数

$D^{(2)}(i)$: 時刻 i までの精算完了の累積数

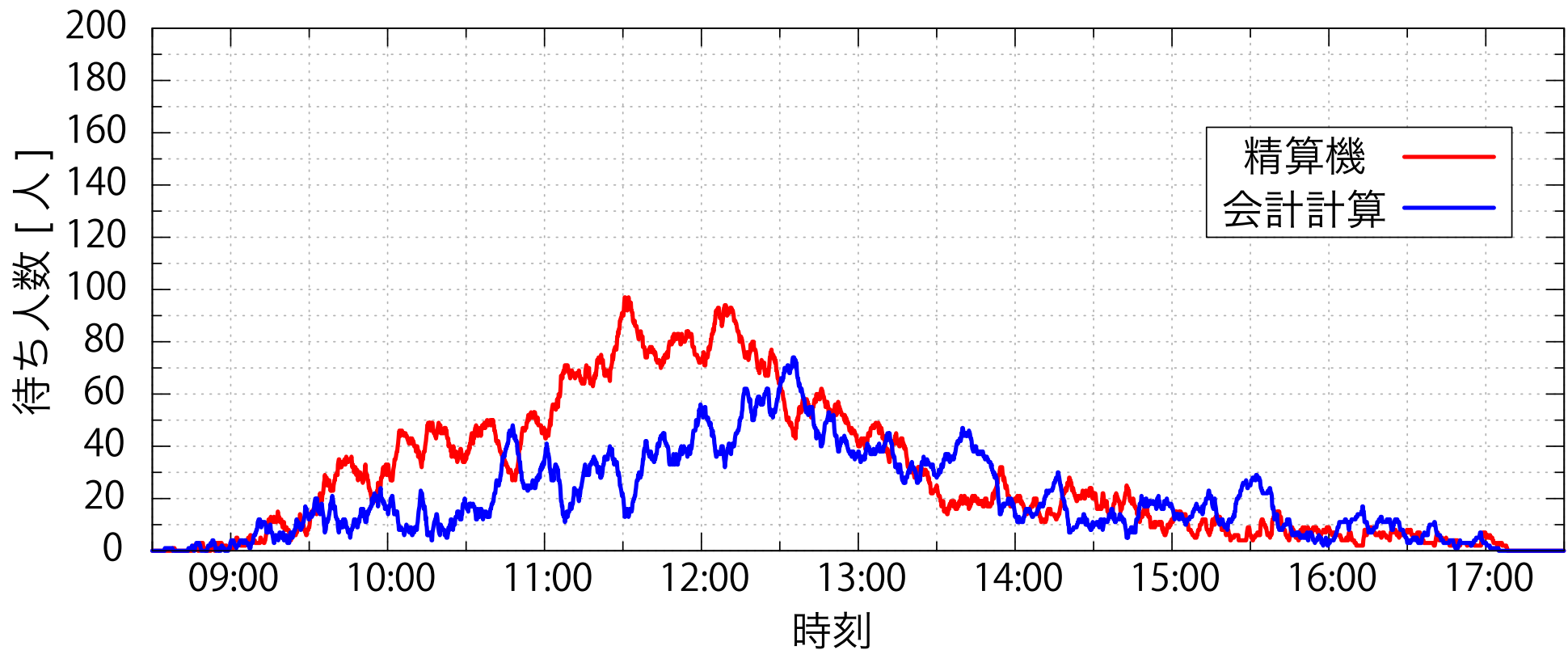
- 各時刻における待ち人数 (含サービス中) を計算 [高橋, 森村 (2001)]

- ◆ 会計計算待ち人数 $L^{(1)}(i) = A(i) - D^{(1)}(i)$

- ◆ 精算機待ち人数 $L^{(2)}(i) = D^{(1)}(i) - D^{(2)}(i)$



会計・精算機待ち行列データの例



- 待ち行列の挙動は時間帯によって異なる
- システムはほとんど空にならない
 - ➡ 定常な待ち行列モデルを当てはめることは困難

分析に使用する指標

これらの過渡的な待ち行列の分析に、以下の指標を用いる

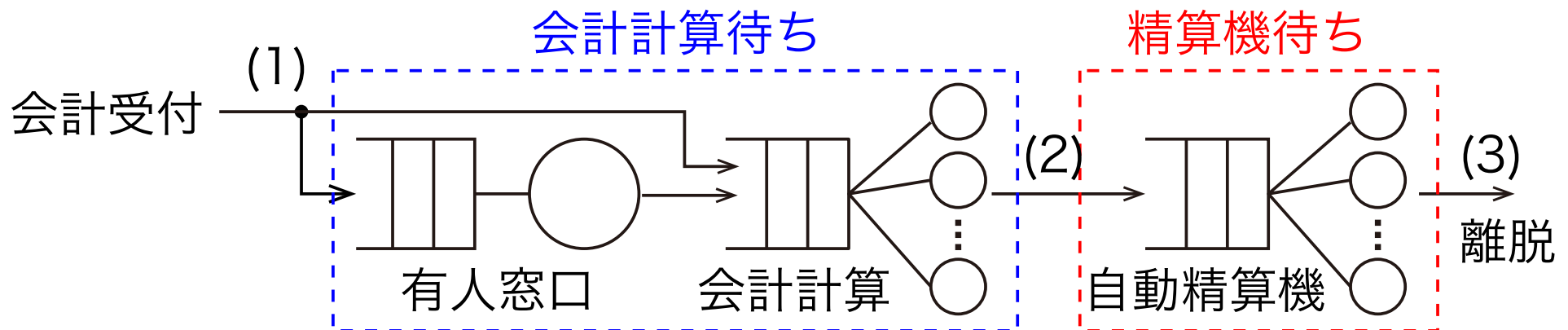
($k=1$ は会計計算待ち, $k=2$ は精算機待ち)

- ピーク到着レート λ_{peak} , ピーク離脱レート $\mu_{\text{peak}}^{(k)}$ ($k=1,2$)

$$\lambda \triangleq \max_i \lambda(i), \quad \mu^{(k)} \triangleq \max_i \mu^{(k)}(i)$$

◆ $\lambda(i), \mu^{(k)}(i)$ は時刻 i を中心とした 1 時間での到着・離脱率

- ピーク待ち人数 $L_{\text{peak}}^{(k)} \triangleq \max_i L^{(k)}(i)$ ($k=1,2$)



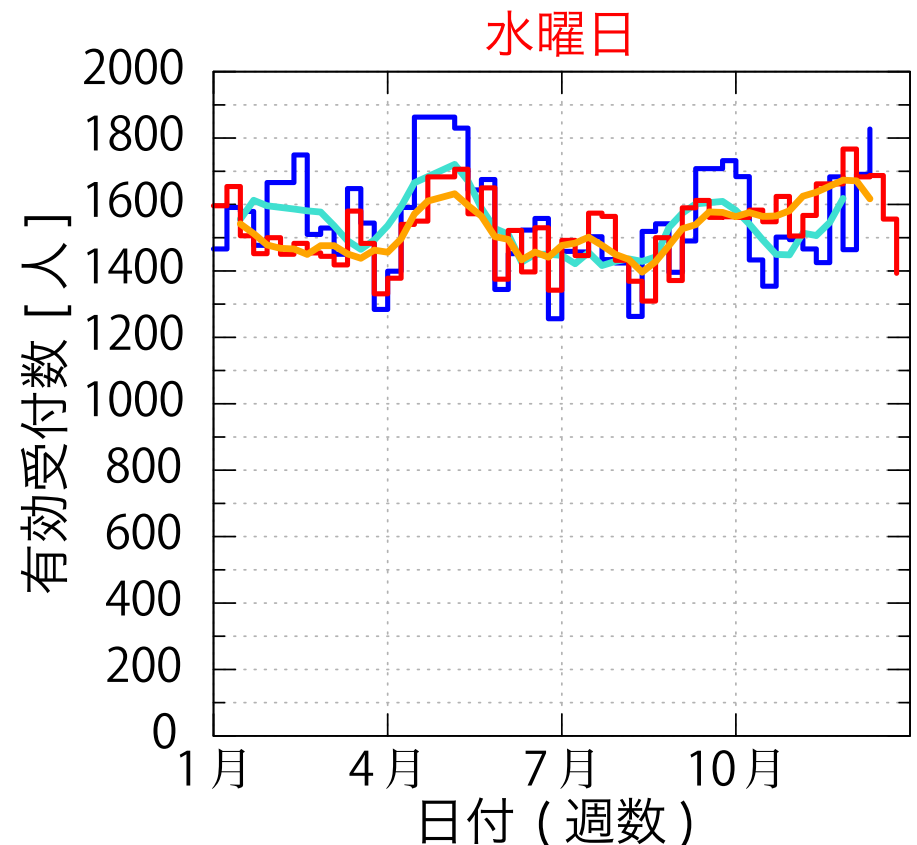
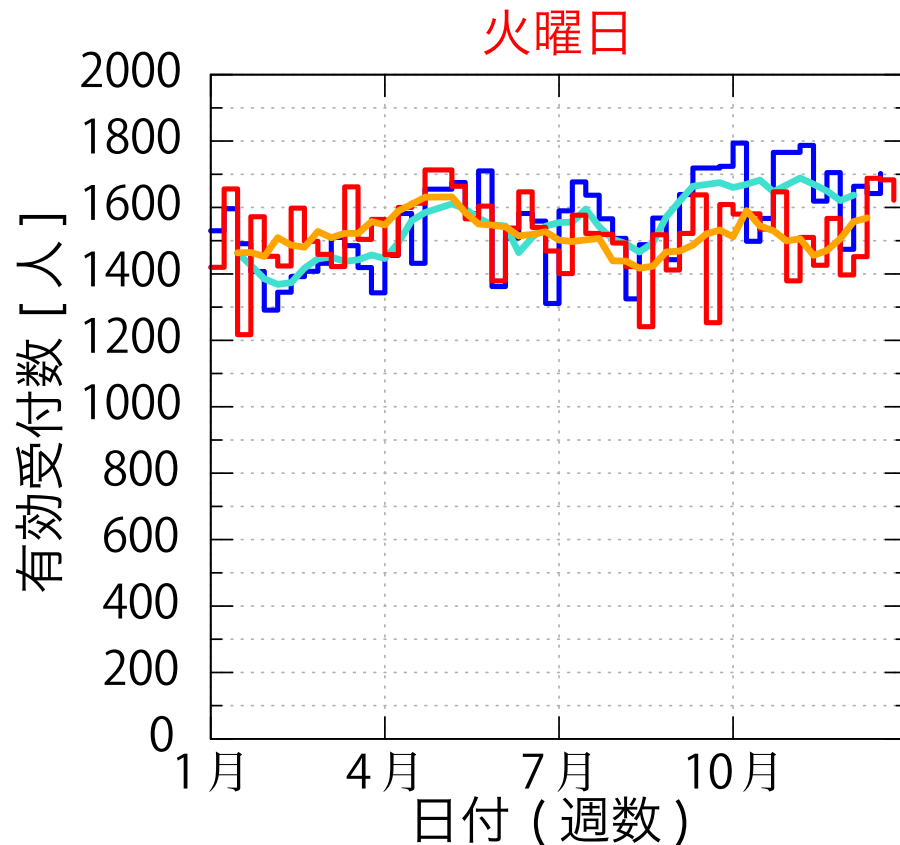
データ分析結果

有効受付数 (分析対象の来院患者数)

	月曜日	火曜日	水曜日	木曜日	金曜日
2015 年平均	1413	1545	1534	1422	1355
2016 年平均	1420	1518	1522	1490	1334

有効受付数 2015 年 — 移動平均 2015 年 (5 週間)

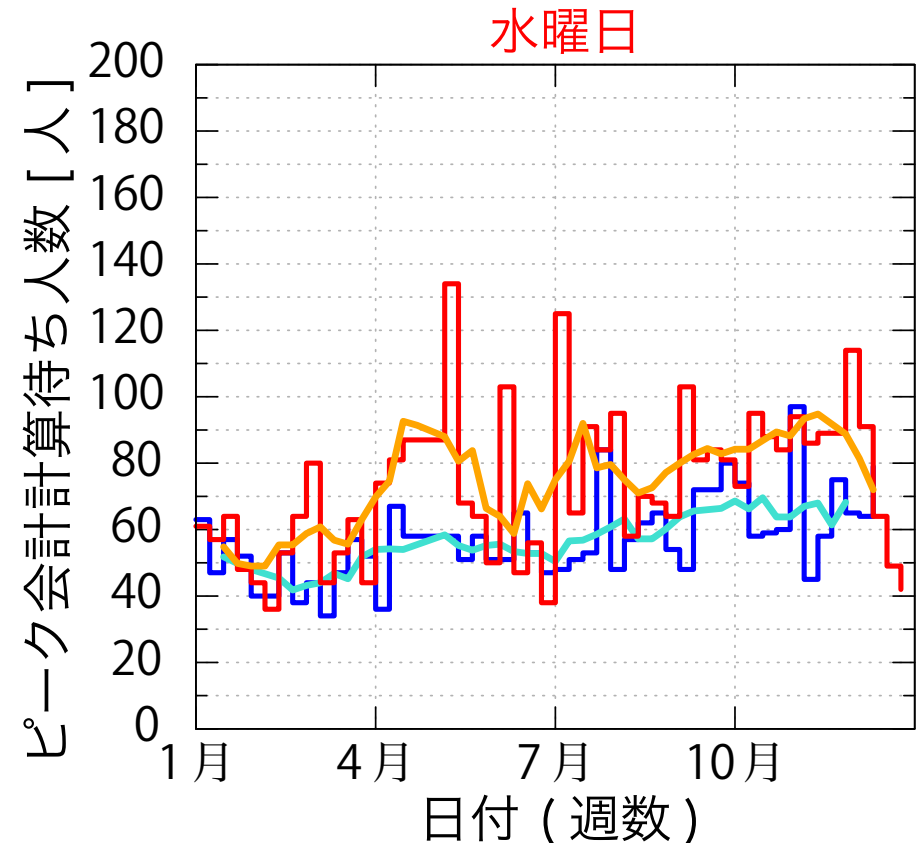
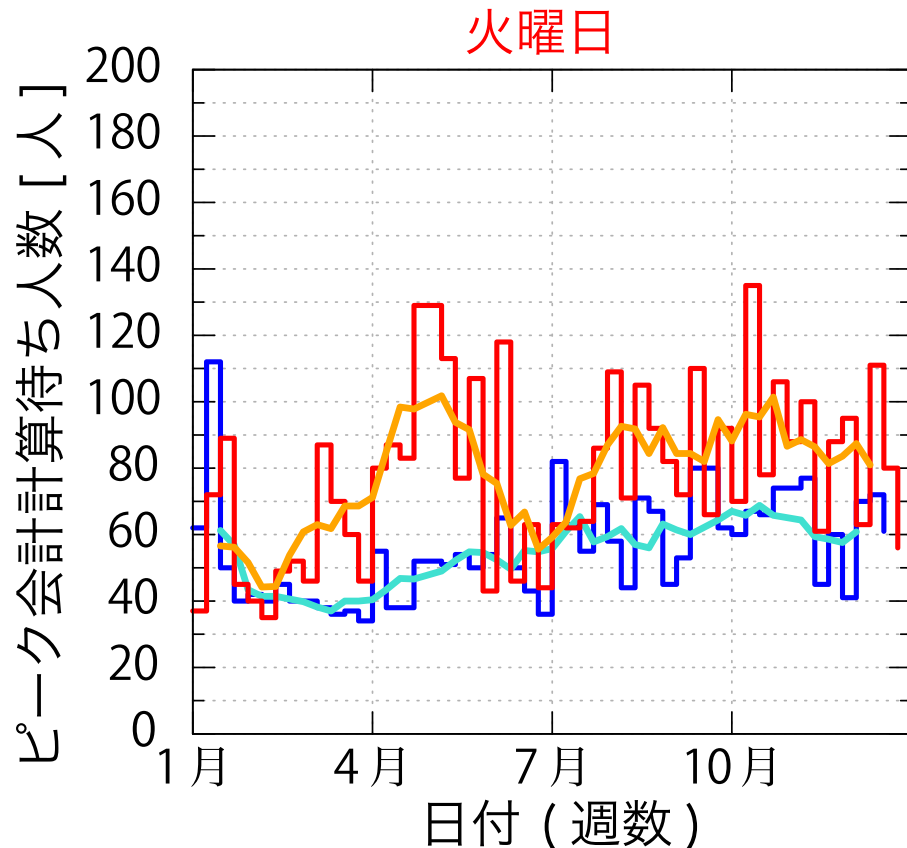
有効受付数 2016 年 — 移動平均 2016 年 (5 週間)



会計計算待ち

	月曜日	火曜日	水曜日	木曜日	金曜日
2015 年平均	46	55	57	46	45
2016 年平均	62	77	73	63	61

会計計算待ち 2015 年 — 移動平均 2015 年 (5 週間)
 会計計算待ち 2016 年 — 移動平均 2016 年 (5 週間)



精算機待ち

	月曜日	火曜日	水曜日	木曜日	金曜日
2015 年平均	46	82	61	42	43
2016 年平均	51	84	60	47	43

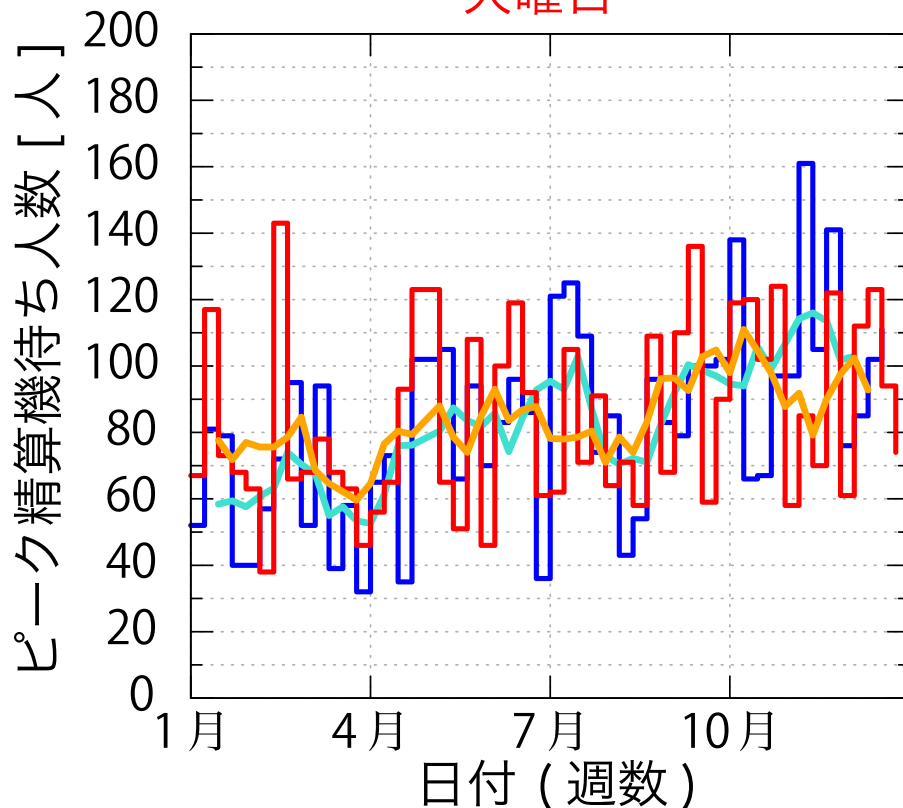
精算機待ち 2015 年

移動平均 2015 年 (5 週間)

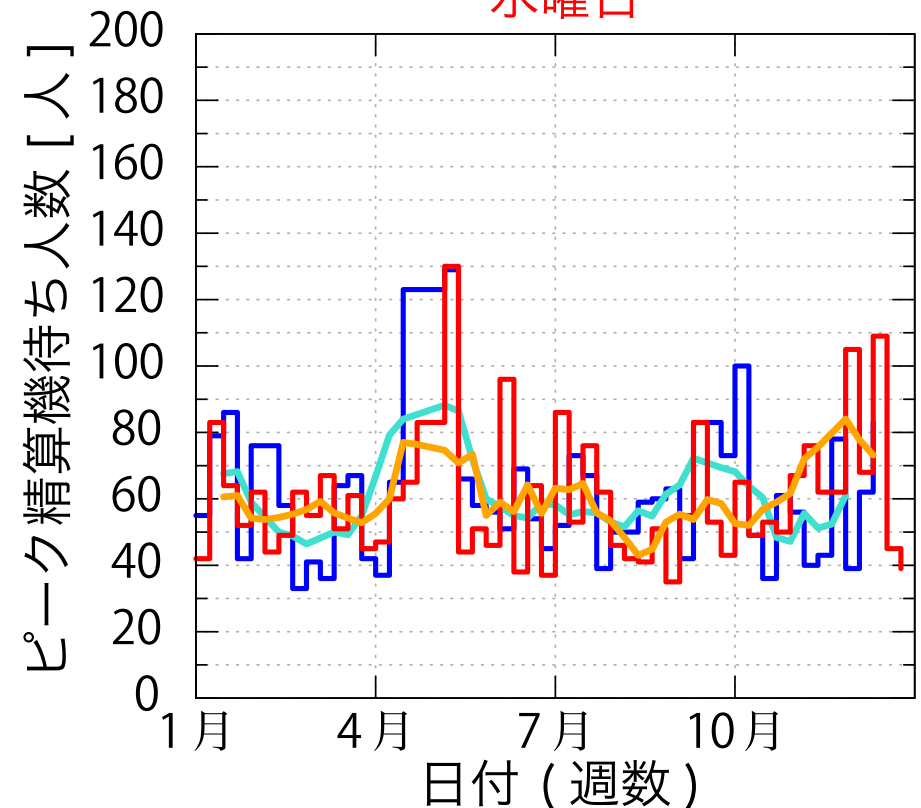
精算機待ち 2016 年

移動平均 2016 年 (5 週間)

火曜日



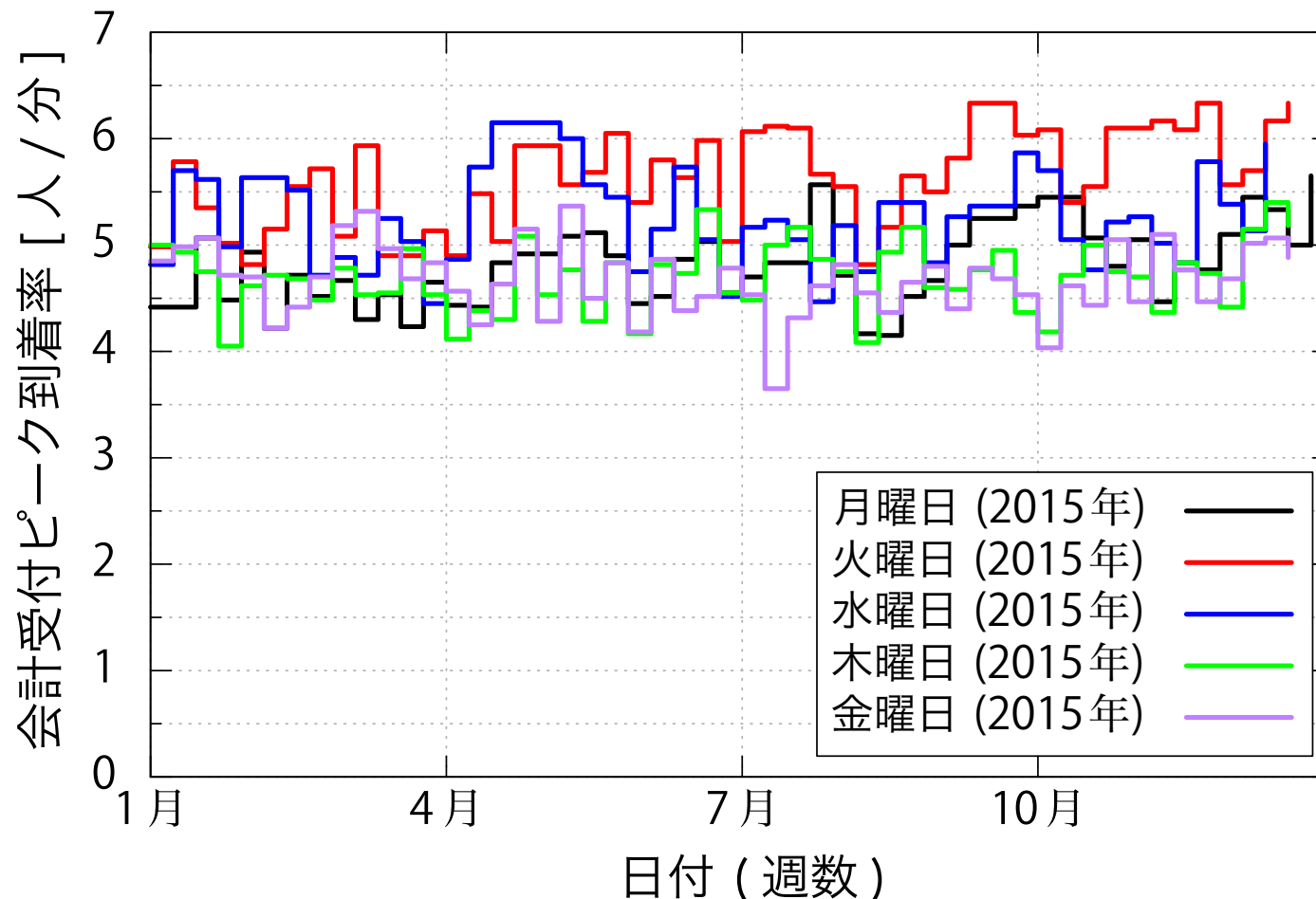
水曜日



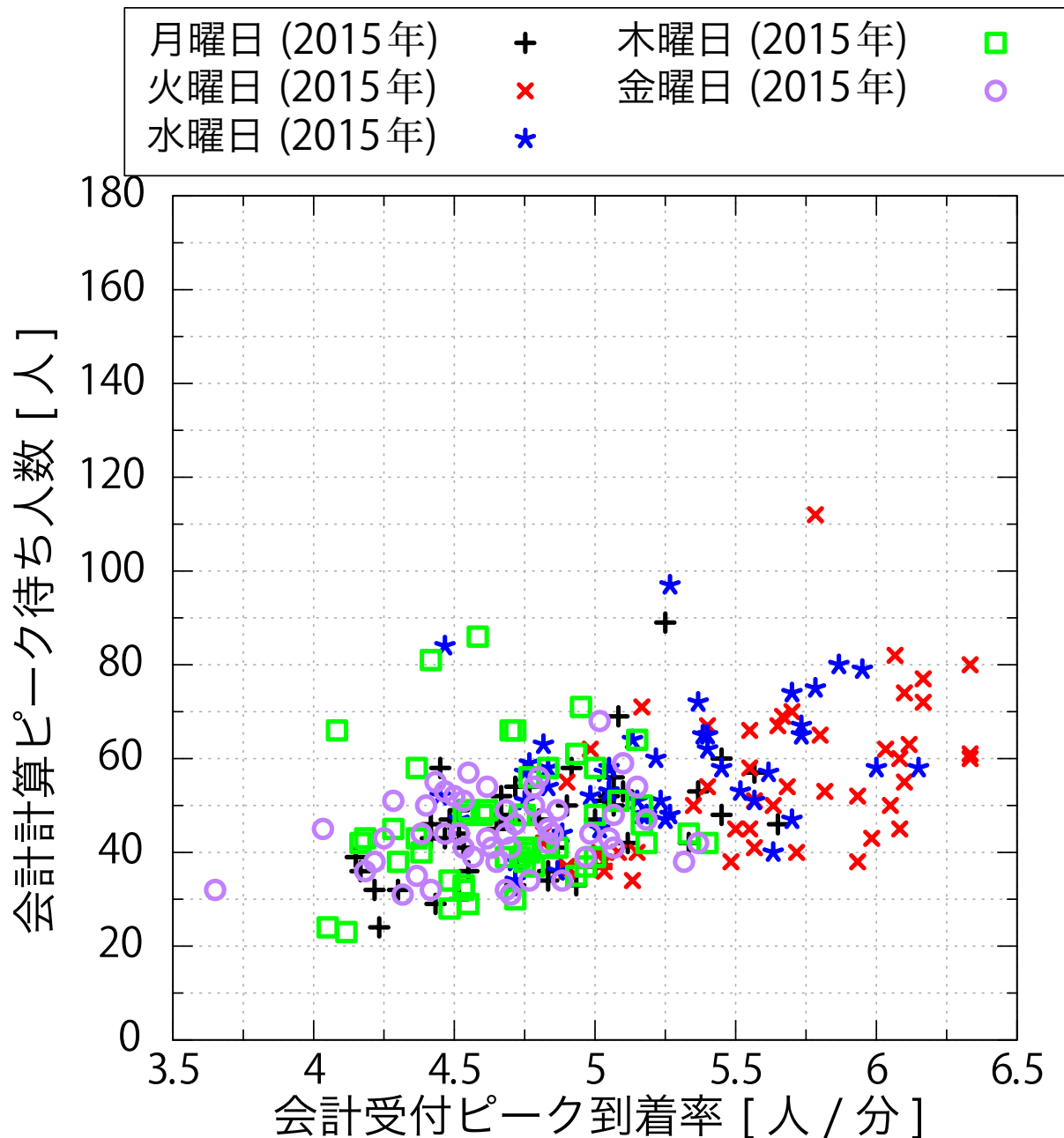
会計受付へのピーク到着率 λ_{peak}

- ほとんどの日付において、火曜日が水曜日を上回る
(下図は 2015 年のデータ. 2016 年も同様の傾向)

➡ 火曜日の方が、会計受付時刻の偏りが大きい

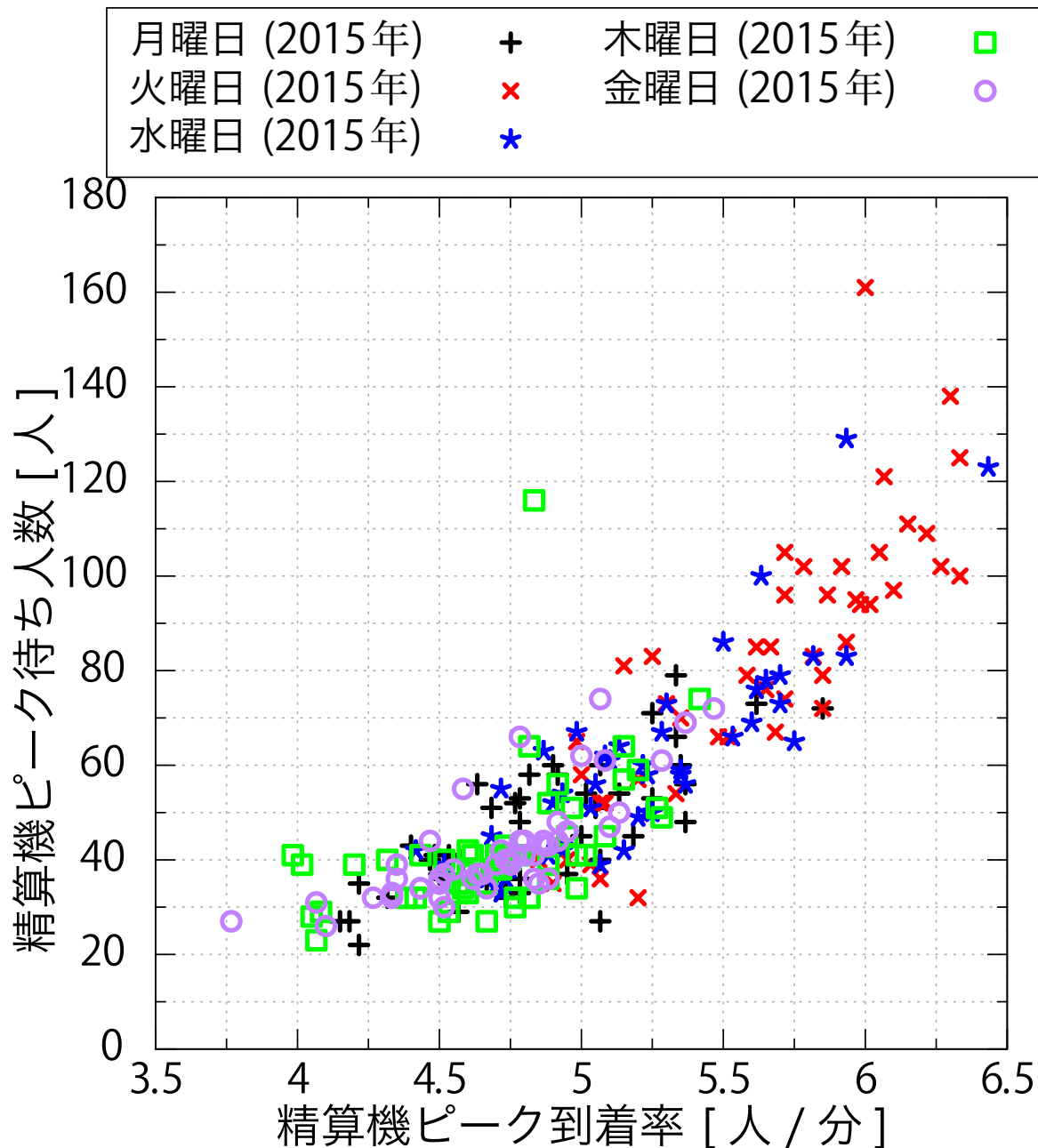


会計計算ピーク到着率 λ_{peak} と待ち人数



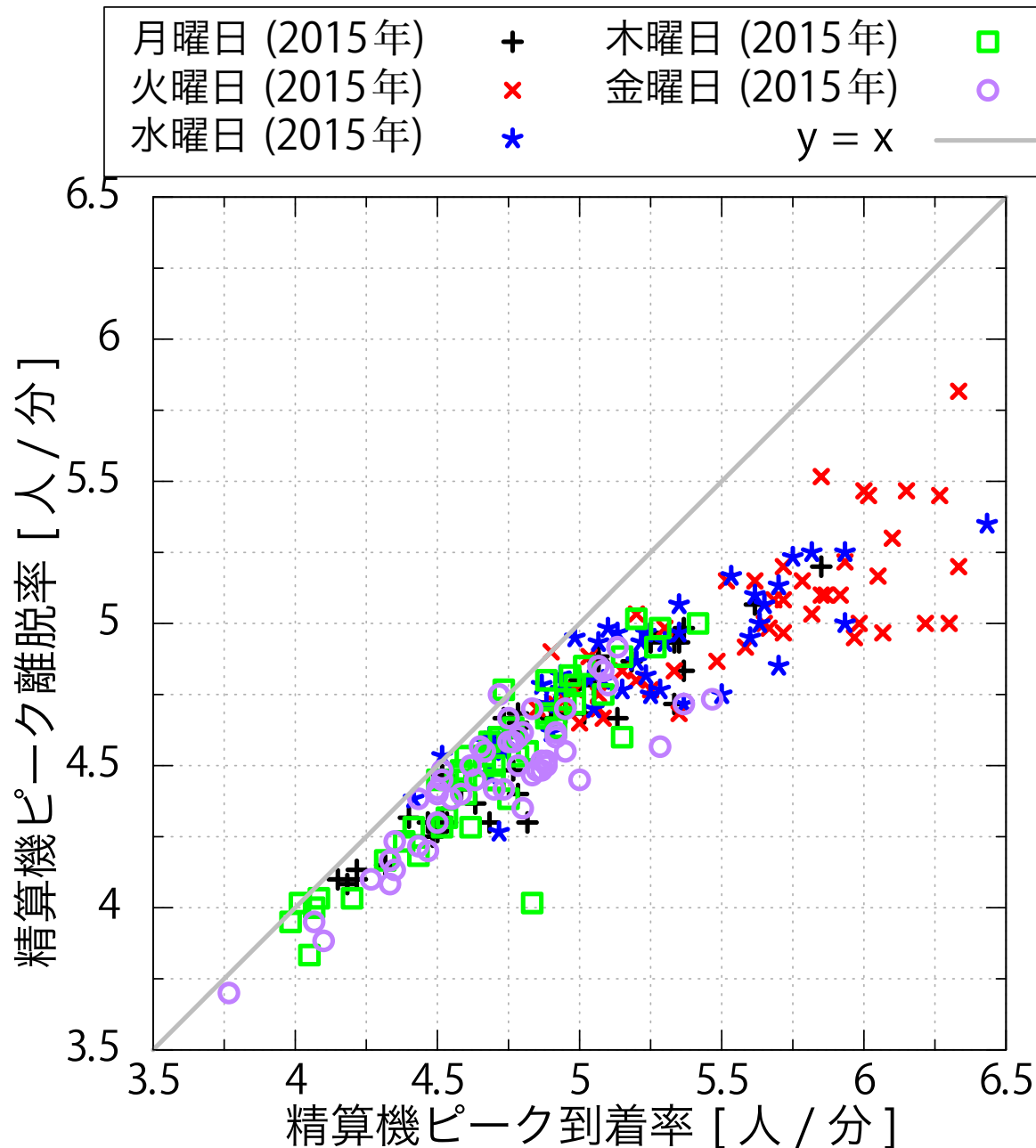
- おおむね右肩上がり
- 傾きは緩やか

精算機ピーク到着率 $\mu_{\text{peak}}^{(1)}$ と待ち人数



- 右肩上がりの曲線
- 5 [人/分] 付近を境に傾きが急増

精算機ピーク到着率 $\mu_{\text{peak}}^{(1)}$ と離脱率 $\mu_{\text{peak}}^{(2)}$



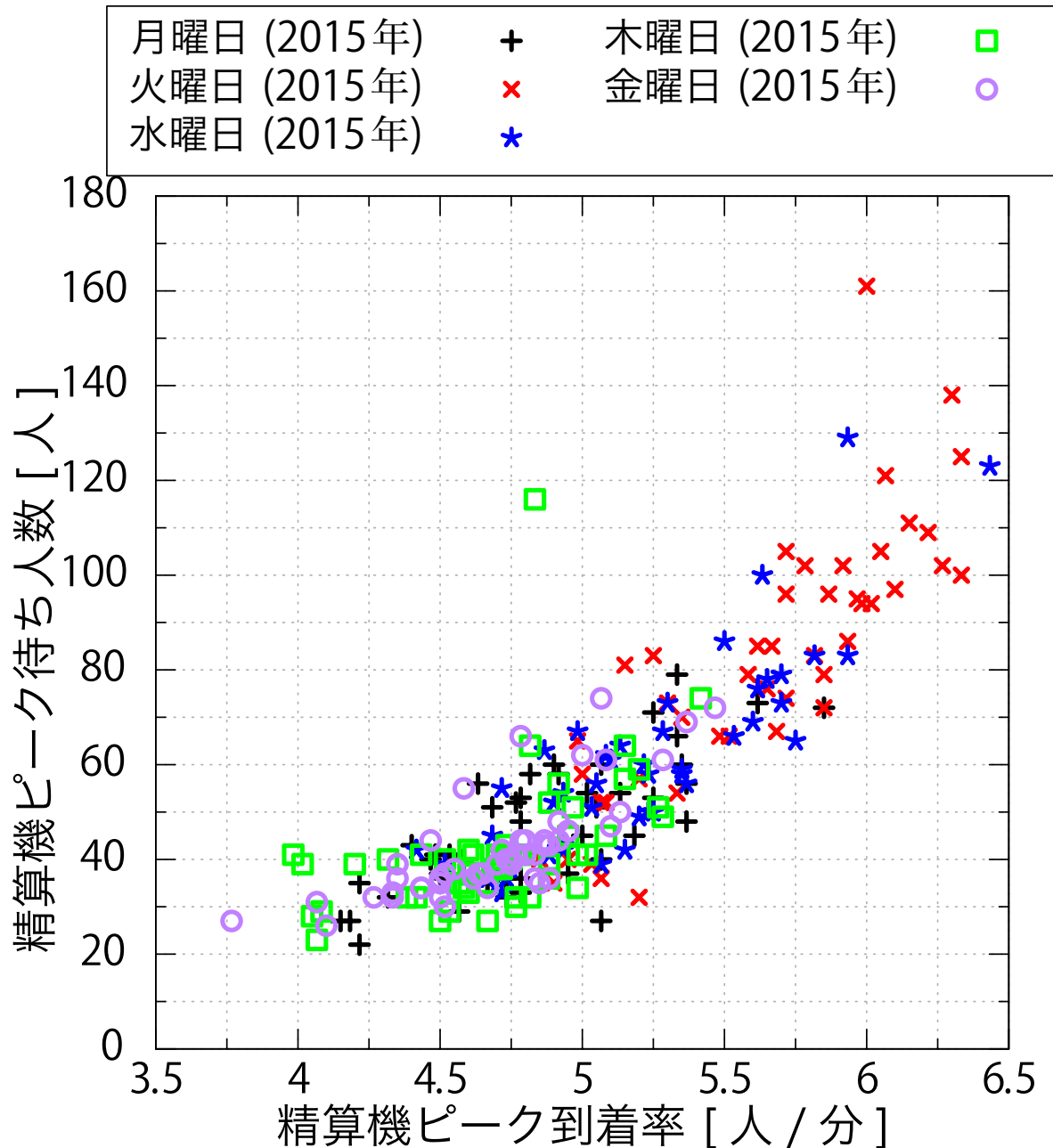
● おおむね直線的に増加

● 5 [人/分] 付近で飽和

精算機は 5 台

➡ 精算の平均所要時間
はおよそ 1 分

精算機ピーク到着率 $\mu_{\text{peak}}^{(1)}$ と待ち人数 (再掲)



- 右肩上がりの曲線
- 5 [人/分] 付近を境に傾きが急増
- ➡ 5 [人/分] を超える領域は過負荷

まとめ

- 病院外来の会計・精算待ち行列をデータに基づいて分析した
- 分析には、待ち行列の過渡的な振る舞いを捉える必要があった
 - ◆ ピーク待ち人数とピーク到着・離脱率に注目
 - ◆ 2年間 (485 日) という潤沢なサンプル数を活用
- 精算機は火曜日・水曜日にしばしば過負荷状態にあることが判明
 - ➡ 新たに 1 台加える効果が大きいことを示唆
- 今回のデータを再現するような数理モデルの構築が今後の課題