

設置者の稼働時間を考慮した 止水板最適設置順序の算出

都 14-86 竹内 美紗

システム最適化研究室

2018/2/16

本研究の背景 (1/2)

豪雨の事例：福岡豪雨 (1999)

- 6 月 29 日発生
- 1 時間最大雨量 79.5mm
- ビル 182 棟のうち 71 棟の地下が浸水，死者 37 名

先行研究

- 森兼ら (2011) によって地下空間に流入する出入口の場所，流入順序，流入時間，流入量を推定できることが分かった
- 武田の研究 (2015) ではホワイティうめだを対象として内水氾濫シュミレーションにより止水板の設置順序やタイミングを検討
- 馬谷の研究 (2016) では梅田地下街全域を対象とし，最適化問題としてソルバで最適設置順序を算出

本研究の目的

課題

- 止水板設置に要する負荷は大きいものであるため稼働時間には限界がある
- 梅田地下街には複数の管理主体が存在する

目的

- 設置チームの稼働時間を制限して設置可能であるかを検討
- 梅田地下街の管理主体を考慮した止水板設置順序の算出

最適化問題の定式化

目的関数

「流入開始時刻に間に合わなかった出入り口の止水板設置完了時刻」と「流入開始時刻」の差の合計を最小化

修正した制約条件

各出入り口の止水板設置完了時刻の計算

追加した制約条件

各設置チームの稼働時間の制限

実験条件

計算対象域	ホワイティ うめだ
1 時間当たりの降雨量	120mm
排水用ポンプ	稼働状態
雨水が流入する出入口	21 箇所
止水板設置チームの歩行速度	66m/分
止水板 1 箇所の設置に要する時間	5 分
計算時間	3600 秒 (= 1 時間)

設置開始時刻

- 43 分：水位計より判断
- 57 分：地上監視カメラより判断
- 64 分：地下への流入が始まった

実験 1

止水板設置チームの稼働時間に上限がある状況下で、
止水板設置に必要なチーム数の算出

- 止水板設置開始時刻：64 分

止水板の設置可能性

稼働時間 チーム数				
	30	40	50	60
6	可能	可能	可能	可能
5	暫定解なし	可能	可能	可能
4	不可能	可能	可能	可能
3	不可能	不可能	暫定解なし	可能
2	不可能	不可能	不可能	不可能

「暫定解なし」は、設置が可能であるかどうか判断できないことを表す。

実験 2 (1/2)

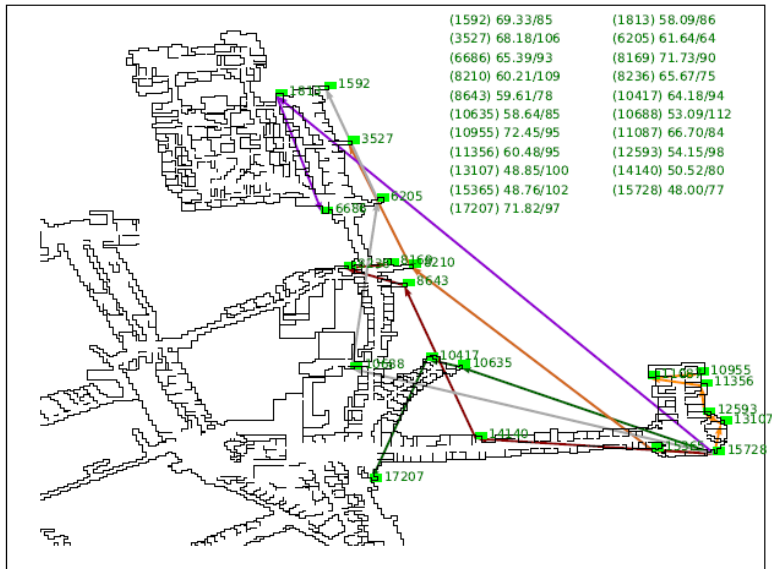
設置開始時刻による流入時間の合計の差を算出

- 設置チーム数 : 6 チーム
- 稼働時間の上限 : 30 分

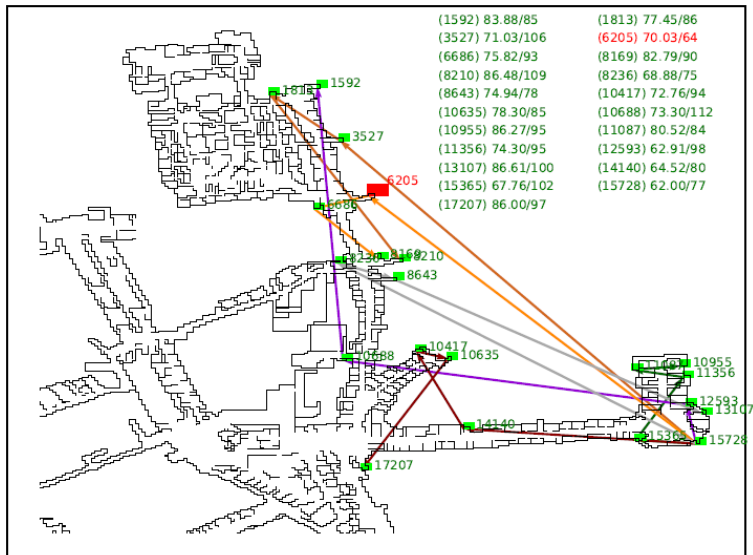
設置開始時刻と流入時間の合計の関係

設置開始時刻 (分)	流入時間の合計 (分)
43	0.00
57	6.03
64	13.91

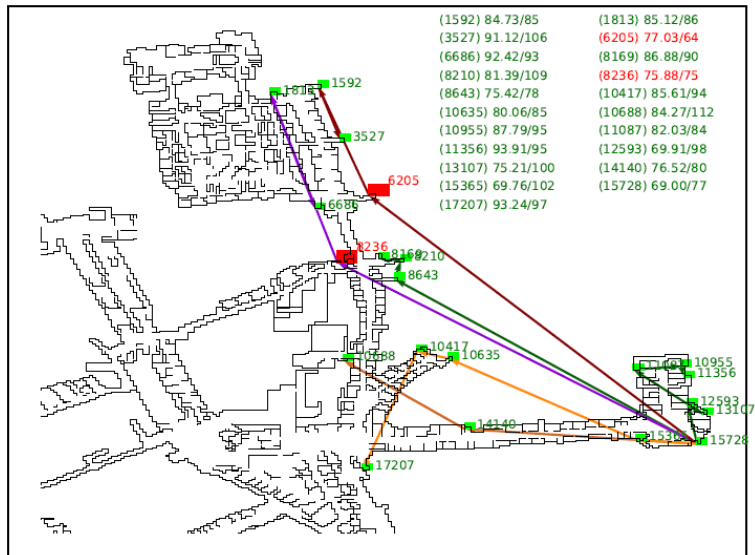
実験 2 (2/2)



実験 2 (2/2)



実験 2 (2/2)



実験 3

稼働時間の上限がない場合の流入時間の合計を算出

- 稼働時間の上限：なし

チーム数・設置開始時刻と流入時間の合計の関係

(A) \ (B)	(B)		
	43	57	64
6	0.00	6.03	13.91
5	0.00	6.03	13.91
4	0.00	6.03	24.21
3	0.00	34.73	138.82
2	66.76	203.70	288.33

(A)：設置チーム数

(B)：止水板設置開始時刻(分)

まとめ

- 設置チームの稼働時間と管理主体を考慮して実験を行うことができた
- 多くのケースの実験を行うことができその結果を比較することができた

今後の課題

- 梅田地下街全域を対象として検討する必要がある
- 降雨量の変化，排水用ポンプの停止時など異なった条件での実験を行う必要がある

最適化問題の定式化

目的関数 「流入開始時刻に間に合わなかった出入り口の止水板設置完了時刻」と「流入開始時刻」の差の合計を最小化

制約条件 1 設置チームは定められたスタート地点に位置する

制約条件 2 全出入り口に止水板を設置する

制約条件 3 設置チームはそれぞれの移動の際に
高々1つの出入り口に位置することができる

制約条件 4 1つの出入り口に移動するのは1チームのみである

制約条件 5~7 時空間ネットワークにおける枝と接点の関係性

制約条件 8 各出入り口の止水板設置完了時刻の計算

制約条件 9 流入開始するまでの時間の設定

制約条件 10 止水板設置完了時刻と流入開始時刻の差の計算

制約条件 11 各設置チームの稼働時間の制限

制約条件 8 : 修正前

$$t_{l,p} = \sum_{l \in L, (v_1, v_2) \in E, \bar{l} < l} y_{v_1, v_2, l, p} w_{v_1, v_2} / 66.0 + l u \quad (l \in L, p \in P, l \geq 1) \quad (1)$$

制約条件 8 : 修正後

$$t_{l,p} = \sum_{l \in L, (v_1, v_2) \in E, \bar{l} < l} y_{v_1, v_2, l, p} w_{v_1, v_2} / 66.0 + u \sum_{v \in V, l \in L, l \geq L, \bar{l} \leq 1} x_{v, l, p} \quad (l \in L, p \in P, \quad (2)$$

制約条件 11

$$t_{l_m, p} \leq T \quad (p \in P) \quad (3)$$

設置開始時刻(分)	設置チーム数	稼働時間上限(分)	流入時間合計(分)	計算時間(秒)	GAP(%)
43	2	設定なし	66.76	3600.06	100.00
43	3	設定なし	0.00	3186.69	-
43	4	設定なし	0.00	4.64	-
43	5	設定なし	0.00	402.29	-
43	6	30	0.00	31.45	-
43	6	設定なし	0.00	230.62	-

設置開始時刻(分)	設置チーム数	稼働時間上限(分)	流入時間合計(分)	計算時間(秒)	GAP(%)
57	2	設定なし	203.70	3600.28	100.00
57	3	設定なし	34.73	3600.08	100.00
57	4	40	6.03	539.69	-
57	4	設定なし	6.03	427.98	-
57	5	40	6.03	171.66	-
57	5	設定なし	6.03	89.58	-
57	6	30	6.03	409.37	-
57	6	設定なし	6.03	59.94	-

設置開始時刻(分)	設置チーム数	稼働時間上限(分)	流入時間合計(分)	計算時間(秒)	GAP(%)
64	2	設定なし	288.33	3600.09	-
64	3	40	183.30	3600.08	96.84
64	3	50	160.09	3600.35	96.88
64	3	設定なし	138.82	3600.14	96.40
64	4	40	32.45	3600.08	59.85
64	4	設定なし	24.21	3600.03	46.18
64	5	40	13.91	1300.32	-
64	5	設定なし	13.91	939.54	-
64	6	30	13.91	1540.24	-