

TTCアルゴリズムを用いた 避難所の救援物資配分の最適化 を実現する新事業

Bクラス 11グループ

江星建太
小川雄大朗
菅ヶ谷浩子
張征

チョン・ティ・
ミン・チャン
南澤光司
横山彰士



災害時の救援物資に関する諸問題

避難所や自治体のニーズとのギャップ

時間的制約による公平性・効率性の欠如

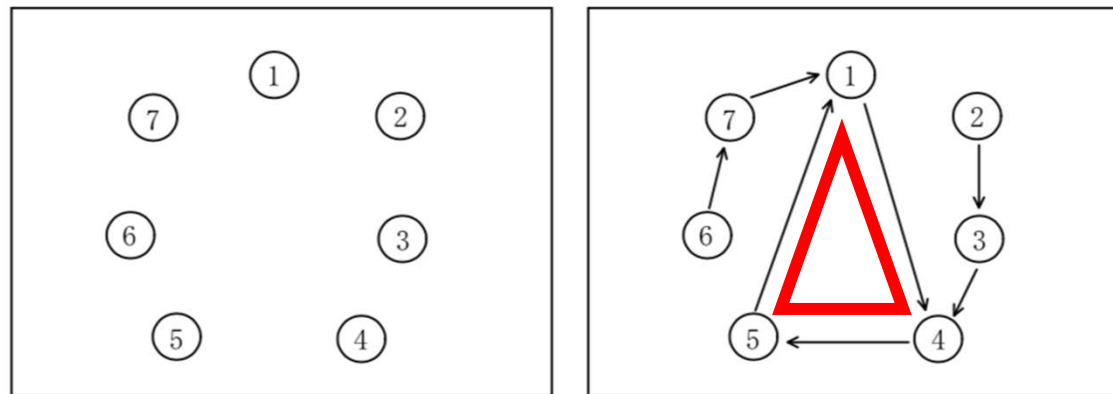
物流拠点に救援物資が集中→非効率化



解決策としてのTTCアルゴリズム

TTC (Top Trading Cycle) とは 「財の交換・再配分」のしくみ

例として、複数人による部屋の交換が挙げられる。
選好のサイクルを見つけ出し、財の交換を行う。



安定性は満たさないがパレート効率性と耐戦略性を満たす。
自分が今持っている物より良いものを獲得できる可能性大。

TTCアルゴリズムを用いた場合

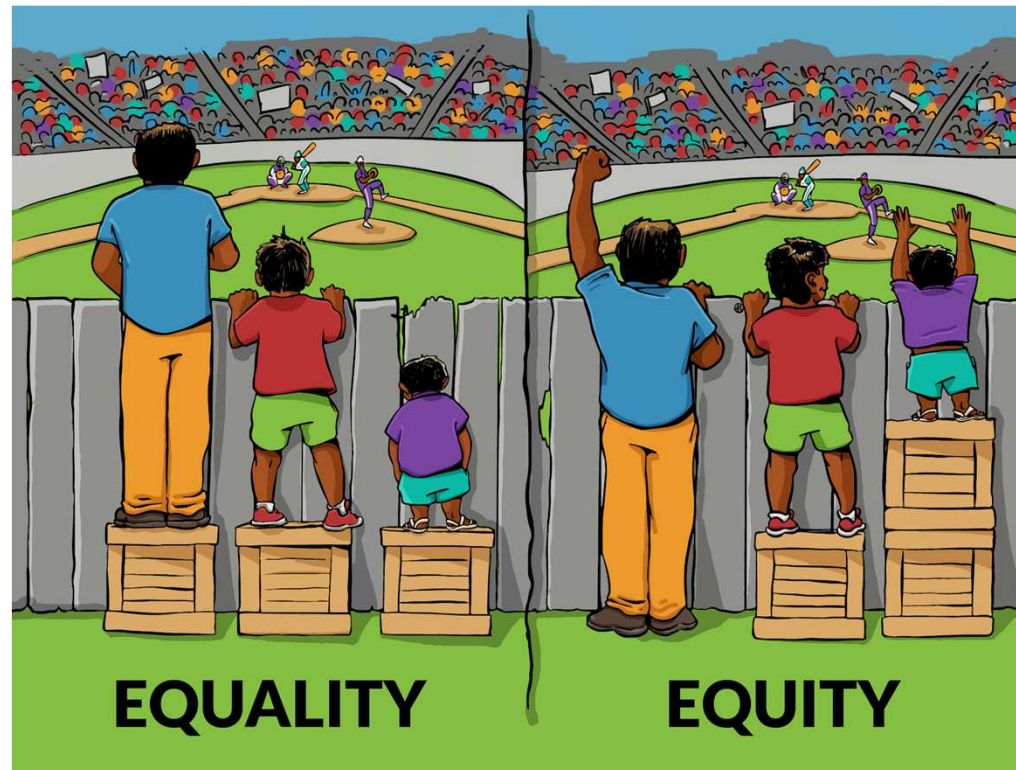
救援物資を必要とする避難所に
最適なモノを最適な量で支給できる

救援物資の配分先を効率的に決定できる

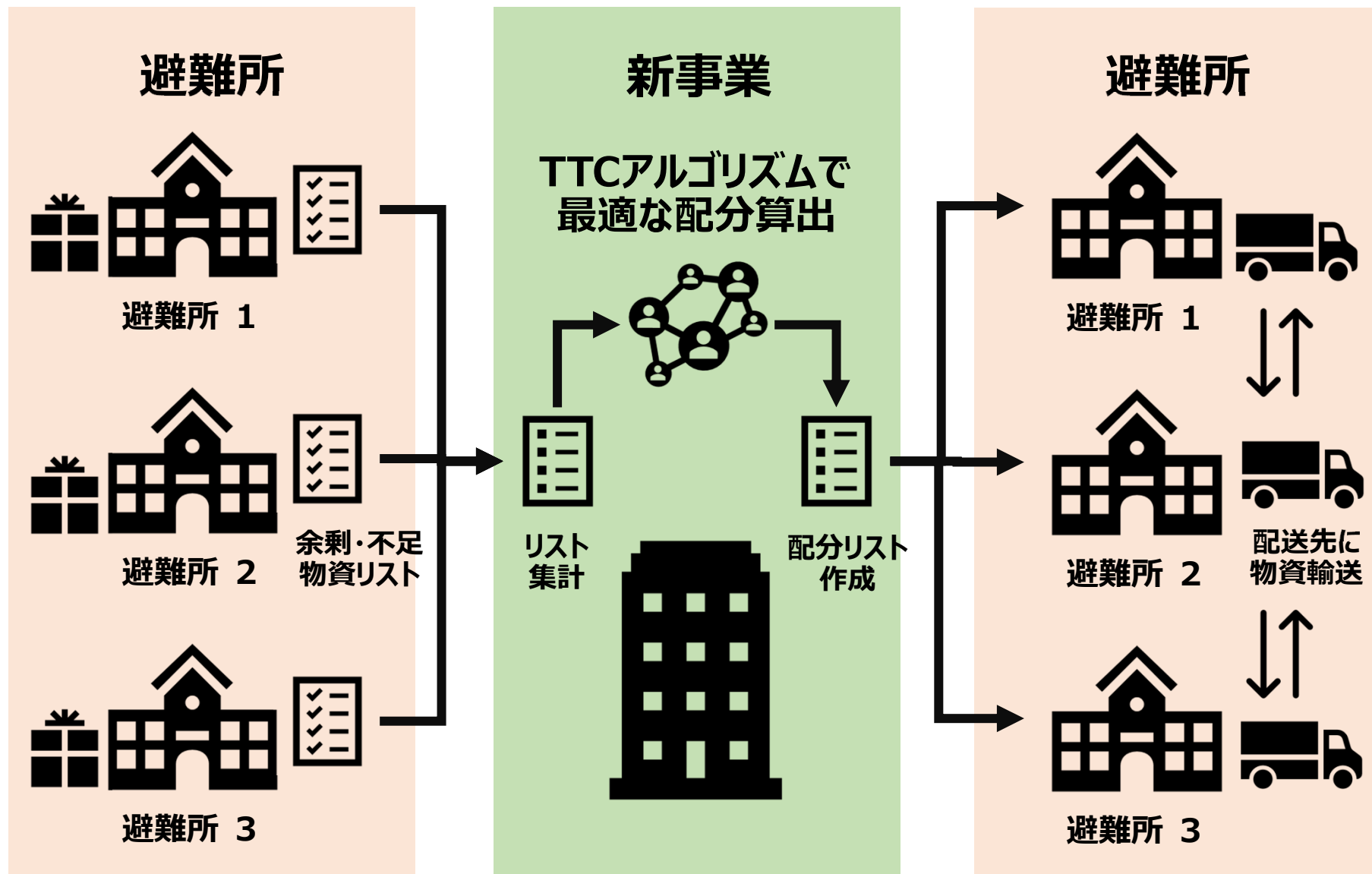
物流拠点に物資を集中させず
避難所間で物資をやり取りできる

TTCアルゴリズムを用いた場合

通常の配分では「平等さ」を守れるが
TTCを使えばより「公平」な配分になる



救援物資の再配分の新事業



プログラムによるシミュレーション（準備）

TTCアルゴリズムをプログラムに実装、シミュレーション実施。
シミュレーションを行うにあたり、以下を前提とする。

1. 避難所の総数は、30ヶ所とする。
2. 各避難所は余剰物資を一つ指定。不足物資をリストにする。
不足物資のリストには、自身が指定した余剰物資は含まない。
3. 避難所の余剰物資はそれぞれ異なる種類である。
4. 不足物資のリストは1位～29位までの必ず指定する。
5. 不足物資のリストは明確な優先順位がつけられる。
6. 不足物資のリストは乱数で指定する。
7. 物資の交換のサイクルができた避難所は退出。
以降、同様の作業を行い、ラウンドを繰り返す。

なお、プログラムは下記で公開されているサンプルを元に作成。

<https://notebooks.azure.com/lagyu/projects/TTCAgorithm>

プログラムによるシミュレーション（準備）

選好順位の設定方法

各避難所の不足物資に対して、余剰物資を持つ避難所を割り当てることで、不足物資の優先度リストを「他の避難所への選好」に変換する。

避難所名称	余剰物資	不足物資優先度リスト		
		1位	2位	...
避難所 1	おにぎり	毛布	水	...
避難所 2	毛布	水	おにぎり	...
避難所 3	水	おにぎり	毛布	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

変換

避難所名称	余剰物資	不足物資優先度リスト		
		1位	2位	...
避難所 1	おにぎり	避難所 2	避難所 3	...
避難所 2	毛布	避難所 3	避難所 1	...
避難所 3	水	避難所 1	避難所 2	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

プログラムによるシミュレーション（結果）

各避難所の選好を乱数で決定。（避難所0～29まで）

避難所0: [12, 28, 22, 9, 24, 11, 16, 3, 19, 21, 8, 7, 29, 23, 17, 14, 25, 27, 5, 26, 1, 2, 13, 20, 15, 6, 10, 4, 18]
避難所1: [14, 3, 12, 23, 18, 16, 17, 0, 24, 7, 8, 15, 28, 22, 13, 25, 5, 9, 19, 27, 21, 11, 10, 2, 26, 20, 6, 29, 4]
避難所2: [7, 27, 10, 1, 22, 16, 28, 12, 25, 8, 0, 14, 6, 24, 26, 5, 19, 13, 20, 3, 9, 21, 4, 15, 11, 29, 17, 23, 18]
避難所3: [4, 5, 15, 25, 9, 8, 22, 2, 19, 12, 6, 17, 28, 1, 10, 23, 24, 27, 11, 26, 0, 14, 21, 29, 16, 7, 13, 18, 20]
避難所4: [24, 23, 8, 14, 0, 1, 17, 25, 13, 12, 5, 3, 19, 2, 29, 7, 11, 10, 16, 26, 15, 22, 21, 27, 6, 18, 20, 28, 9]
避難所5: [24, 23, 2, 20, 19, 8, 18, 26, 25, 11, 3, 1, 21, 17, 15, 6, 9, 14, 27, 7, 16, 13, 28, 4, 0, 29, 22, 10, 12]
避難所6: [3, 25, 14, 0, 15, 4, 2, 24, 22, 1, 8, 28, 5, 18, 23, 7, 17, 10, 16, 12, 11, 29, 13, 20, 19, 26, 27, 9, 21]
避難所7: [27, 19, 20, 17, 11, 2, 0, 1, 4, 21, 22, 23, 8, 24, 25, 15, 26, 5, 29, 10, 16, 18, 14, 6, 9, 28, 13, 12, 3]
避難所8: [10, 18, 11, 6, 29, 2, 15, 23, 21, 24, 13, 28, 22, 14, 20, 5, 27, 0, 26, 17, 19, 1, 12, 7, 25, 4, 16, 3, 9]
避難所9: [15, 25, 24, 29, 23, 5, 7, 18, 26, 14, 1, 3, 2, 13, 10, 22, 21, 28, 4, 8, 11, 12, 6, 20, 17, 0, 19, 27, 16]
避難所10: [26, 14, 3, 19, 18, 15, 0, 23, 12, 2, 6, 8, 21, 25, 16, 29, 13, 24, 28, 7, 4, 9, 27, 22, 5, 11, 17, 20, 1]
避難所11: [16, 0, 20, 25, 19, 14, 15, 26, 4, 18, 28, 12, 17, 3, 7, 8, 29, 21, 13, 2, 1, 23, 10, 27, 24, 22, 5, 6, 9]
避難所12: [5, 28, 0, 29, 6, 4, 15, 2, 21, 3, 23, 19, 25, 24, 22, 18, 11, 14, 27, 20, 13, 10, 16, 9, 7, 26, 17, 8, 1]
避難所13: [18, 2, 24, 11, 7, 26, 17, 20, 27, 29, 1, 5, 15, 14, 0, 12, 4, 8, 23, 22, 16, 28, 25, 19, 6, 21, 3, 9, 10]
避難所14: [21, 8, 23, 15, 17, 7, 2, 29, 18, 22, 19, 11, 9, 20, 12, 10, 26, 16, 13, 4, 5, 0, 1, 27, 25, 6, 24, 28, 3]
避難所15: [7, 8, 11, 23, 25, 6, 24, 9, 22, 4, 29, 26, 12, 2, 10, 27, 0, 20, 3, 13, 17, 28, 14, 21, 16, 5, 18, 1, 19]
避難所16: [8, 12, 3, 29, 17, 26, 7, 27, 1, 14, 11, 4, 25, 22, 28, 5, 19, 18, 9, 24, 10, 23, 21, 13, 20, 0, 2, 15, 6]
避難所17: [1, 8, 18, 0, 28, 14, 5, 23, 4, 26, 25, 3, 11, 16, 7, 12, 10, 9, 13, 2, 15, 22, 19, 6, 20, 21, 29, 27, 24]
避難所18: [17, 9, 2, 16, 0, 13, 21, 25, 5, 15, 27, 12, 23, 4, 19, 29, 8, 1, 3, 28, 14, 20, 6, 24, 26, 11, 22, 10, 7]
避難所19: [21, 2, 1, 11, 6, 20, 12, 17, 18, 16, 3, 13, 9, 28, 8, 24, 29, 25, 14, 22, 10, 23, 5, 7, 0, 26, 4, 15, 27]
避難所20: [21, 14, 5, 11, 19, 6, 22, 2, 12, 4, 17, 0, 23, 28, 27, 29, 7, 10, 3, 24, 1, 8, 26, 13, 9, 16, 15, 18, 25]
避難所21: [14, 22, 16, 20, 9, 26, 23, 4, 10, 19, 1, 24, 25, 6, 3, 2, 0, 29, 5, 12, 13, 8, 18, 17, 28, 7, 15, 27, 11]
避難所22: [2, 9, 25, 28, 7, 5, 10, 17, 24, 16, 13, 23, 26, 14, 20, 21, 12, 15, 0, 27, 6, 18, 8, 3, 19, 1, 29, 4, 11]
避難所23: [2, 7, 14, 20, 9, 24, 4, 8, 15, 5, 27, 1, 10, 29, 6, 22, 3, 25, 28, 11, 13, 16, 12, 18, 0, 17, 26, 21, 19]
避難所24: [6, 22, 4, 19, 8, 1, 25, 28, 9, 12, 3, 17, 29, 15, 18, 16, 10, 0, 13, 14, 26, 23, 21, 27, 7, 5, 2, 20, 11]
避難所25: [15, 29, 8, 16, 19, 17, 4, 23, 14, 10, 5, 1, 9, 21, 6, 22, 28, 7, 20, 2, 11, 18, 12, 3, 27, 24, 0, 13, 26]
避難所26: [3, 9, 28, 16, 18, 19, 2, 21, 5, 4, 27, 11, 7, 13, 14, 1, 29, 15, 6, 8, 23, 10, 20, 24, 12, 17, 0, 22, 25]
避難所27: [10, 11, 22, 8, 0, 14, 1, 3, 20, 28, 2, 29, 4, 18, 7, 24, 23, 19, 5, 25, 15, 12, 13, 16, 9, 26, 21, 17, 6]
避難所28: [22, 17, 3, 4, 11, 15, 1, 2, 6, 10, 14, 0, 24, 12, 7, 21, 23, 8, 25, 13, 16, 26, 18, 27, 19, 9, 20, 29, 5]
避難所29: [16, 28, 18, 0, 25, 9, 4, 2, 7, 15, 19, 10, 12, 8, 1, 13, 21, 27, 6, 22, 26, 17, 11, 23, 20, 5, 14, 3, 24]

プログラムによるシミュレーション（結果）

前スライドの一行目の「避難所0」だけ拡大

避難所0: [12, 28, 22, 9, 24, 11, 16, 3, 19, 21,
8, 7, 29, 23, 17, 14, 25, 27, 5, 26, 1, 2, 13, 20,
15, 6, 10, 4, 18]

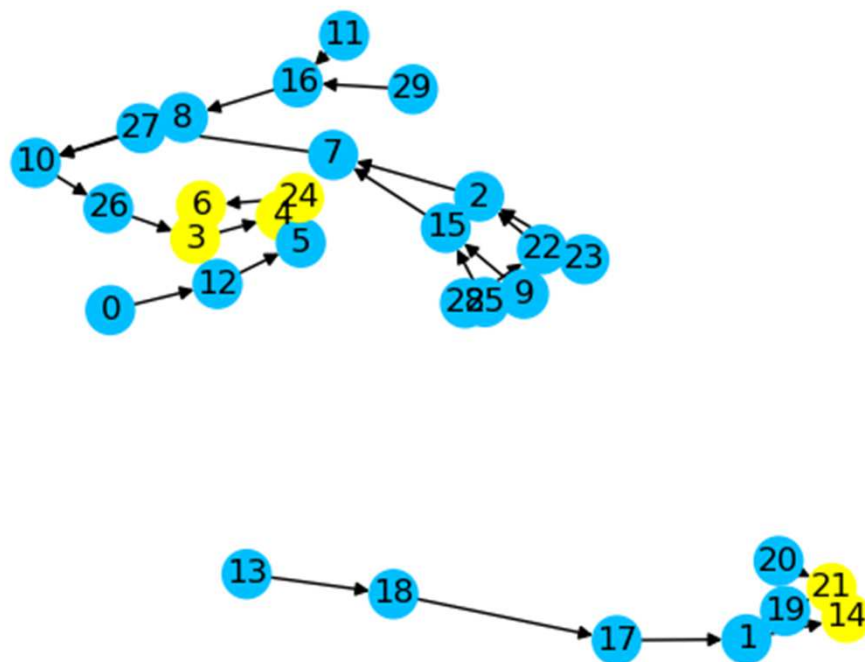
- ・左から選好度高→低となる。
- ・番号は避難所を表す。
- ・自分の番号（余剰物資）はリストに含まれない。

プログラムによるシミュレーション（結果）

黄色：サイクルが完成された避難所

青色：サイクルが作られなかった避難所

ROUND1

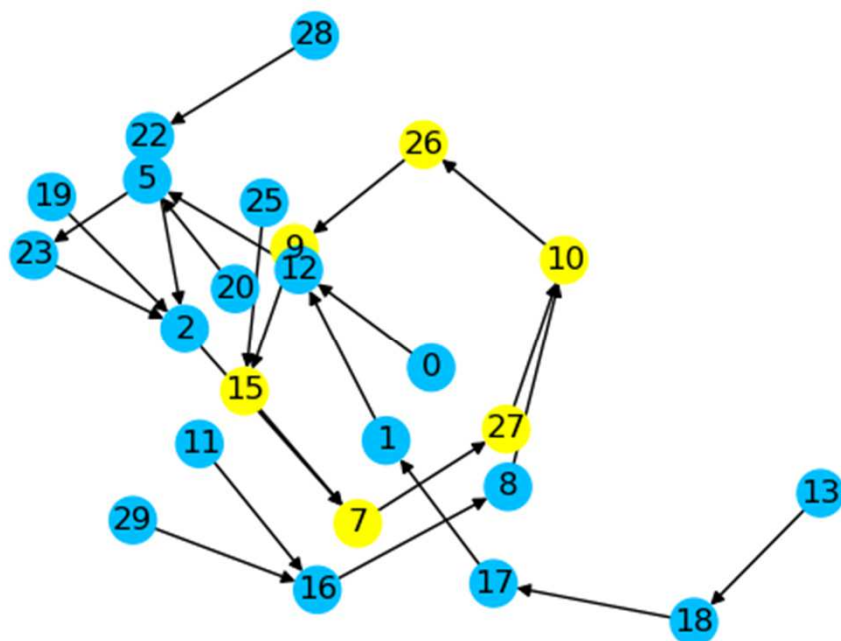


発見したサイクル
[21, 14], [24, 6, 3, 4]

プログラムによるシミュレーション（結果）

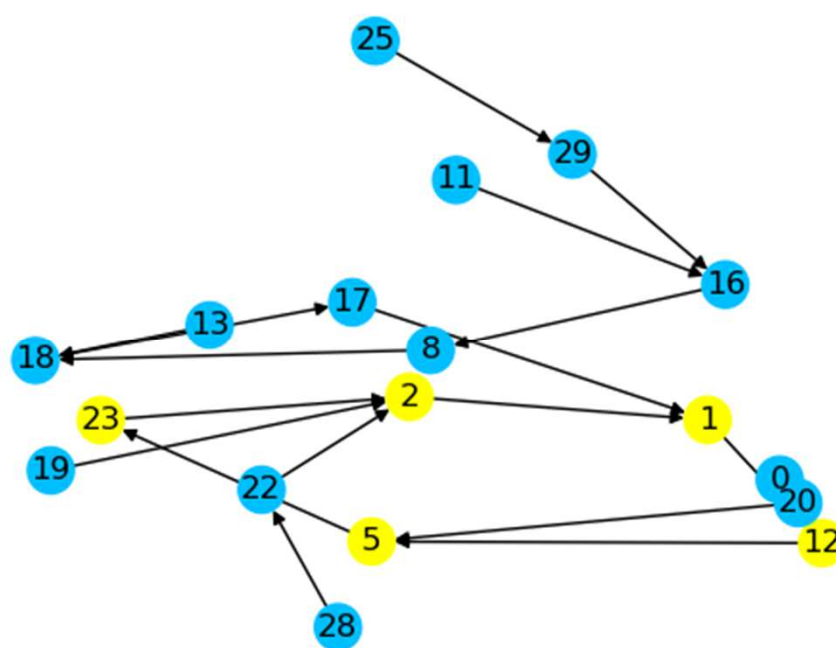
サイクルの導出過程をプログラムでグラフとして出力

ROUND2



発見したサイクル
[7, 27, 10, 26, 9, 15]

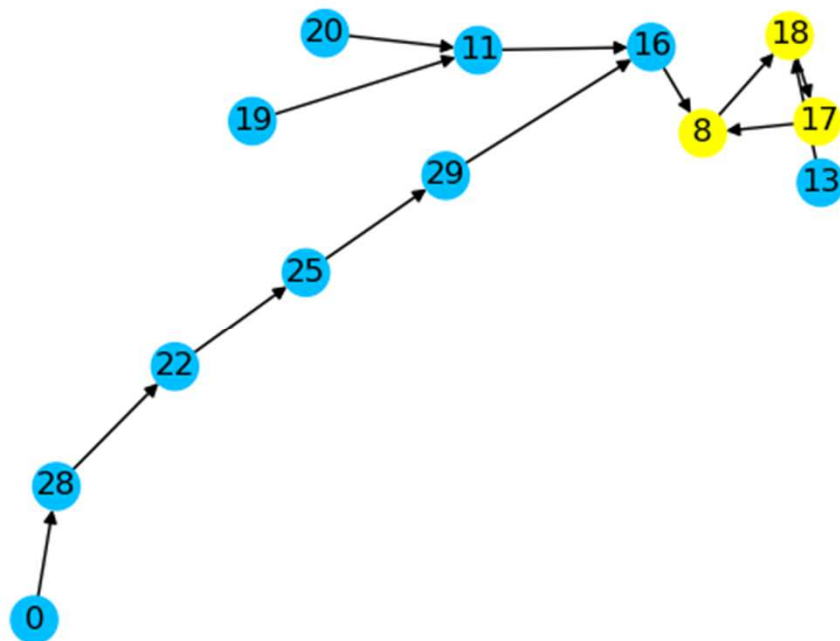
ROUND3



発見したサイクル
[1, 12, 5, 23, 2]

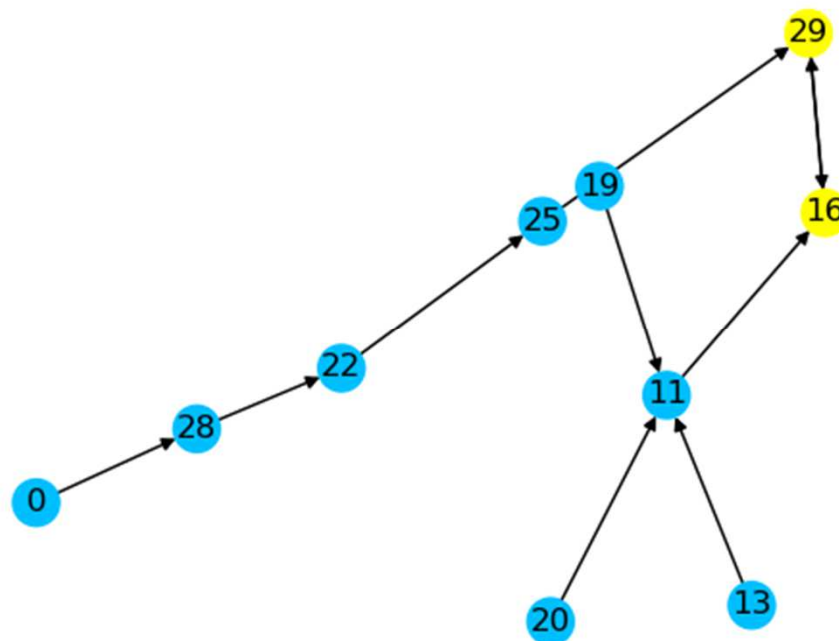
プログラムによるシミュレーション (結果)

ROUND4



発見したサイクル
[8, 18, 17]

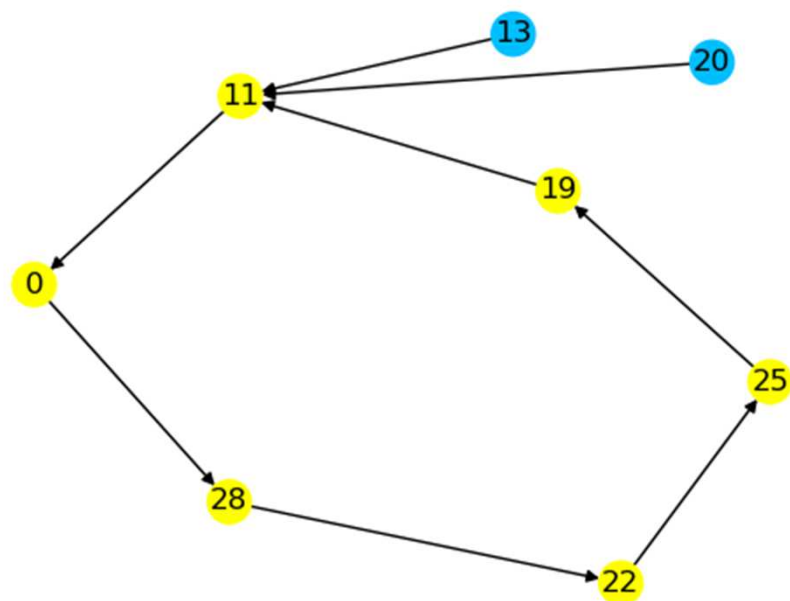
ROUND5



発見したサイクル
[16, 29]

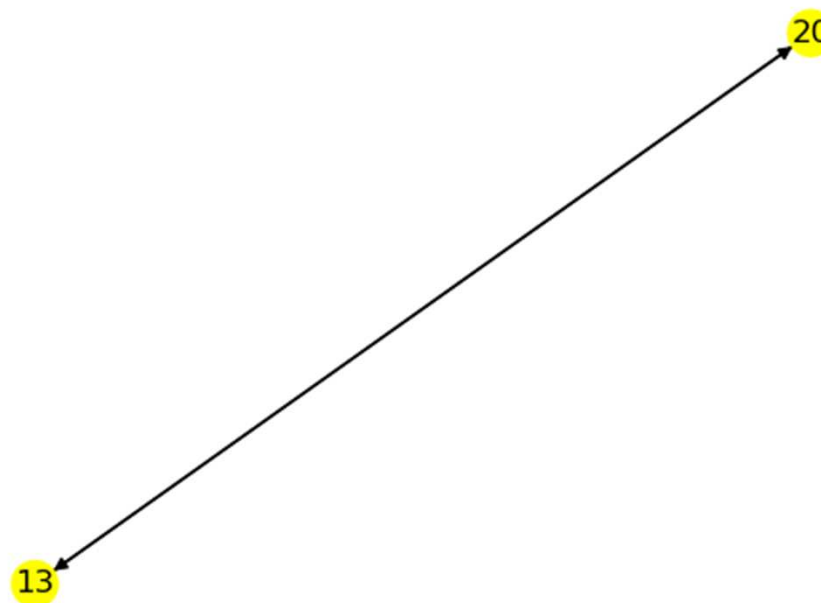
プログラムによるシミュレーション (結果)

ROUND6



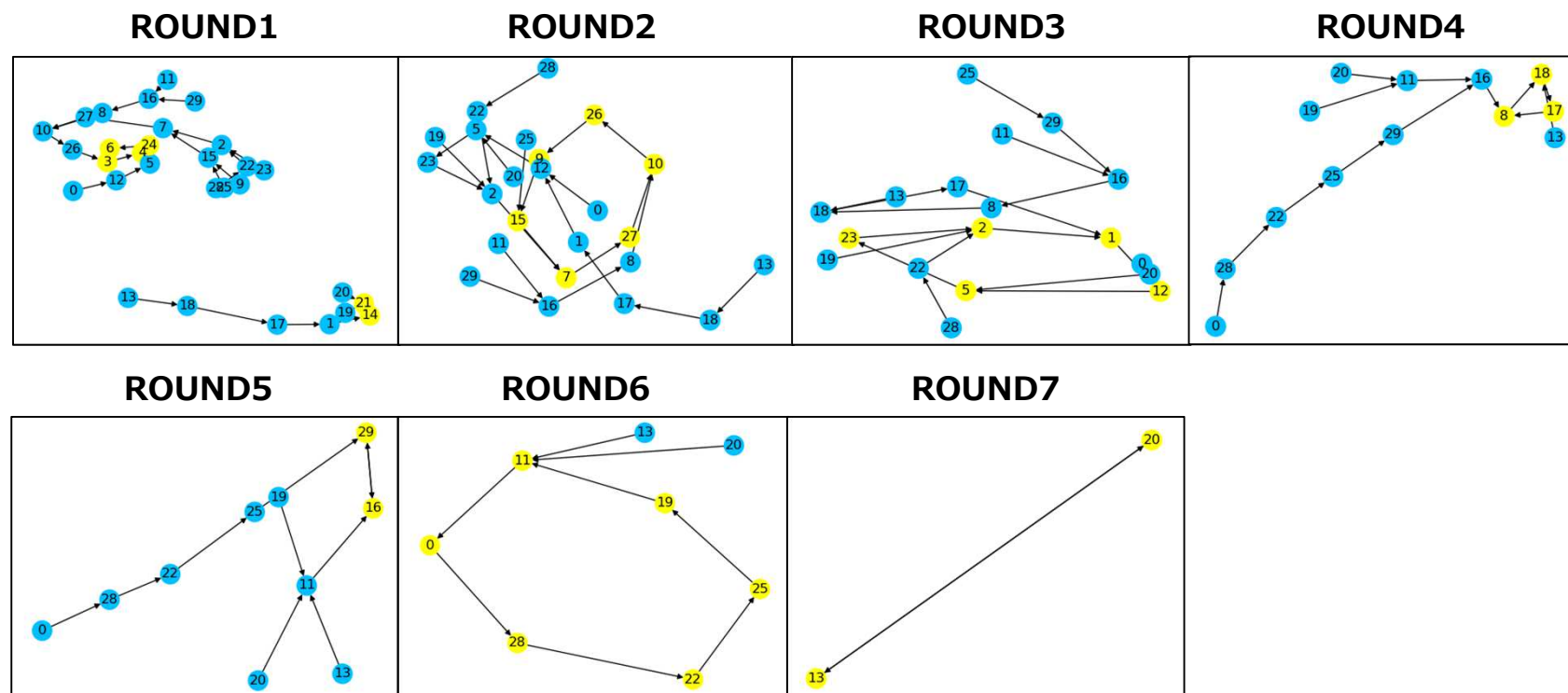
発見したサイクル
[0, 28, 22, 25, 19, 11]

ROUND7



発見したサイクル
[20, 13]

シミュレーション結果のまとめ



総ラウンド数：7回

発見したサイクル：

[21, 14], [24, 6, 3, 4], [7, 27, 10, 26, 9, 15],
[1, 12, 5, 23, 2], [8, 18, 17], [16, 29],
[0, 28, 22, 25, 19, 11], [20, 13]

避難所名	不足物資リスト																												順位	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		29
避難所0	12	28	22	9	24	11	16	3	19	21	8	7	29	23	17	14	25	27	5	26	1	2	13	20	15	6	10	4	18	2
避難所1	14	3	12	23	18	16	17	0	24	7	8	15	28	22	13	25	5	9	19	27	21	11	10	2	26	20	6	29	4	3
避難所2	7	27	10	1	22	16	28	12	25	8	0	14	6	24	26	5	19	13	20	3	9	21	4	15	11	29	17	23	18	4
避難所3	4	5	15	25	9	8	22	2	19	12	6	17	28	1	10	23	24	27	11	26	0	14	21	29	16	7	13	18	20	1
避難所4	24	23	8	14	0	1	17	25	13	12	5	3	19	2	29	7	11	10	16	26	15	22	21	27	6	18	20	28	9	1
避難所5	24	23	2	20	19	8	18	26	25	11	3	1	21	17	15	6	9	14	27	7	16	13	28	4	0	29	22	10	12	2
避難所6	3	25	14	0	15	4	2	24	22	1	8	28	5	18	23	7	17	10	16	12	11	29	13	20	19	26	27	9	21	1
避難所7	27	19	20	17	11	2	0	1	4	21	22	23	8	24	25	15	26	5	29	10	16	18	14	6	9	28	13	12	3	1
避難所8	10	18	11	6	29	2	15	23	21	24	13	28	22	14	20	5	27	0	26	17	19	1	12	7	25	4	16	3	9	2
避難所9	15	25	24	29	23	5	7	18	26	14	1	3	2	13	10	22	21	28	4	8	11	12	6	20	17	0	19	27	16	1
避難所10	26	14	3	19	18	15	0	23	12	2	6	8	21	25	16	29	13	24	28	7	4	9	27	22	5	11	17	20	1	1
避難所11	16	0	20	25	19	14	15	26	4	18	28	12	17	3	7	8	29	21	13	2	1	23	10	27	24	22	5	6	9	2
避難所12	5	28	0	29	6	4	15	2	21	3	23	19	25	24	22	18	11	14	27	20	13	10	16	9	7	26	17	8	1	1
避難所13	18	2	24	11	7	26	17	20	27	29	1	5	15	14	0	12	4	8	23	22	16	28	25	19	6	21	3	9	10	8
避難所14	21	8	23	15	17	7	2	29	18	22	19	11	9	20	12	10	26	16	13	4	5	0	1	27	25	6	24	28	3	1
避難所15	7	8	11	23	25	6	24	9	22	4	29	26	12	2	10	27	0	20	3	13	17	28	14	21	16	5	18	1	19	1
避難所16	8	12	3	29	17	26	7	27	1	14	11	4	25	22	28	5	19	18	9	24	10	23	21	13	20	0	2	15	6	4
避難所17	1	8	18	0	28	14	5	23	4	26	25	3	11	16	7	12	10	9	13	2	15	22	19	6	20	21	29	27	24	2
避難所18	17	9	2	16	0	13	21	25	5	15	27	12	23	4	19	29	8	1	3	28	14	20	6	24	26	11	22	10	7	1
避難所19	21	2	1	11	6	20	12	17	18	16	3	13	9	28	8	24	29	25	14	22	10	23	5	7	0	26	4	15	27	4
避難所20	21	14	5	11	19	6	22	2	12	4	17	0	23	28	27	29	7	10	3	24	1	8	26	13	9	16	15	18	25	24
避難所21	14	22	16	20	9	26	23	4	10	19	1	24	25	6	3	2	0	29	5	12	13	8	18	17	28	7	15	27	11	1
避難所22	2	9	25	28	7	5	10	17	24	16	13	23	26	14	20	21	12	15	0	27	6	18	8	3	19	1	29	4	11	3
避難所23	2	7	14	20	9	24	4	8	15	5	27	1	10	29	6	22	3	25	28	11	13	16	12	18	0	17	26	21	19	1
避難所24	6	22	4	19	8	1	25	28	9	12	3	17	29	15	18	16	10	0	13	14	26	23	21	27	7	5	2	20	11	1
避難所25	15	29	8	16	19	17	4	23	14	10	5	1	9	21	6	22	28	7	20	2	11	18	12	3	27	24	0	13	26	5
避難所26	3	9	28	16	18	19	2	21	5	4	27	11	7	13	14	1	29	15	6	8	23	10	20	24	12	17	0	22	25	2
避難所27	10	11	22	8	0	14	1	3	20	28	2	29	4	18	7	24	23	19	5	25	15	12	13	16	9	26	21	17	6	1
避難所28	22	17	3	4	11	15	1	2	6	10	14	0	24	12	7	21	23	8	25	13	16	26	18	27	19	9	20	29	5	1
避難所29	16	28	18	0	25	9	4	2	7	15	19	10	12	8	1	13	21	27	6	22	26	17	11	23	20	5	14	3	24	1

シミュレーション結果のまとめ

すべての避難所が財の交換に成功

93%の避難所が
リストの5位以内と交換できた
(平均2.3位)

極端に選好度の低い相手と
交換せざるを得ない避難所が発生する

TTCアルゴリズムを用いる問題点

財の交換を前提とした再配分のため、
そもそも**余剰物資のない避難所**は
状況が変わらない

実現にあたって
関係機関の協力・理解が必要である
(自治体、運送会社、自衛隊など)

問題点に対する対応策

✓ 余剰・不足物資発生の予防策：
救援物資の個人や団体の選好で寄付する傾向があるため、事前にNGOなどの専門団体にリストを提出させてから配分計画を立てる

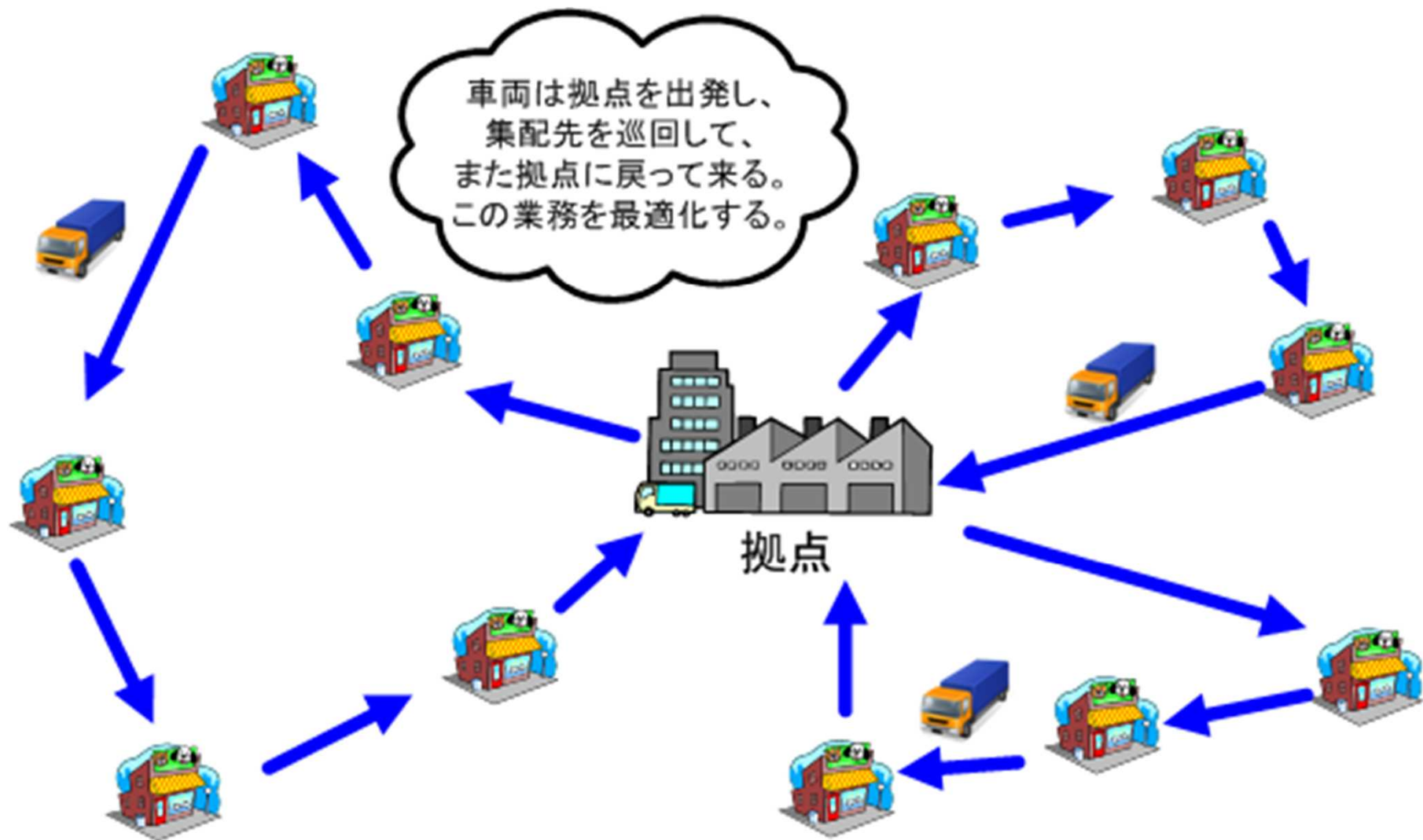
✓ 関係機関、特に運輸業の協力が重要。
ポイントは、効率・コスト

例：TTCアルゴリズム + 蟻コロニー最適化アルゴリズム +
配送最適化アルゴリズム
= 物資配分 + 物流拠点 + 輸送ルート of 最適案を算出

配送最適化問題サンプルプログラム

https://qiita.com/r_nsd/items/19dcb30f5478384f90d3

蟻コロニー最適化と配送最適化



THANK YOU

