

# Champlify

Character pattern formation generator powered by Amplify

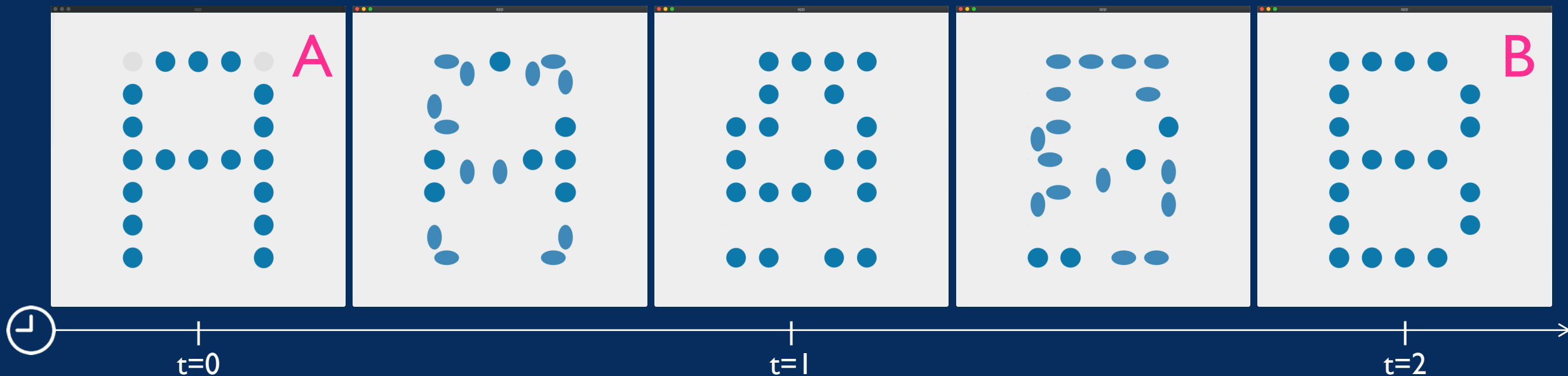
奥村 圭祐

<https://github.com/KeiI8/champlify>

Fixstars Amplify Hackathon

Mar. 28<sup>th</sup> 2021

# 作ったもの






エージェント(青点)によって構成された  
任意のアルファベット2文字間を最短時間(aka. メイクスパン)で遷移

ターゲット割当 & 経路計画を同時に解く最適化問題  
(unlabeled-MAPF; Multi-Agent Path Finding)

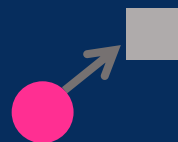
# Unlabeled-MAPF

given

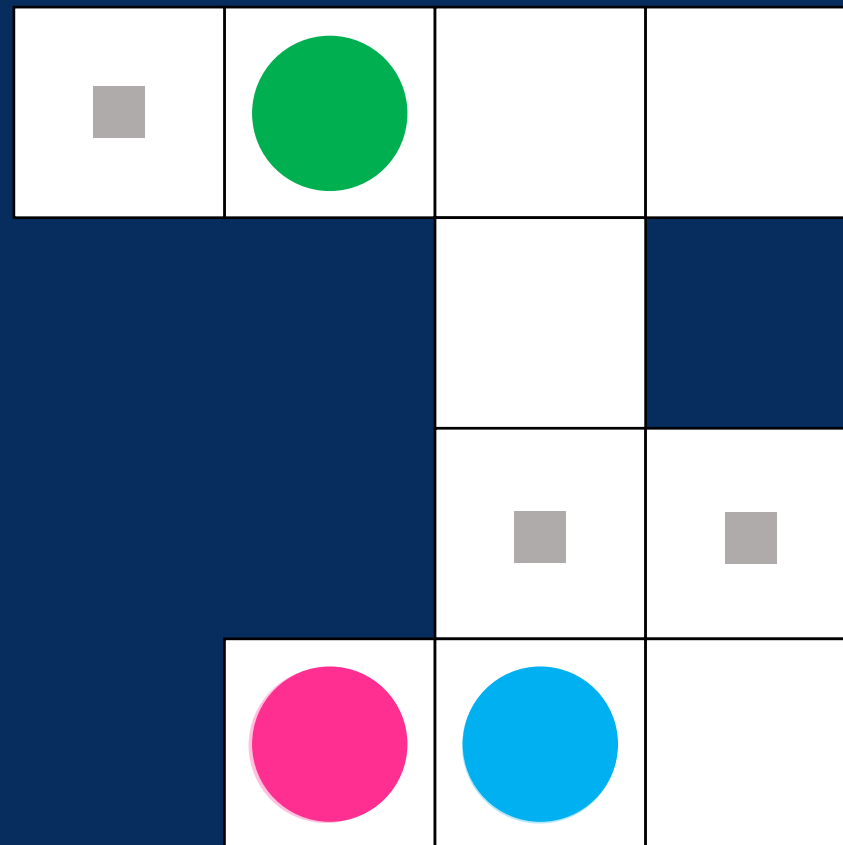
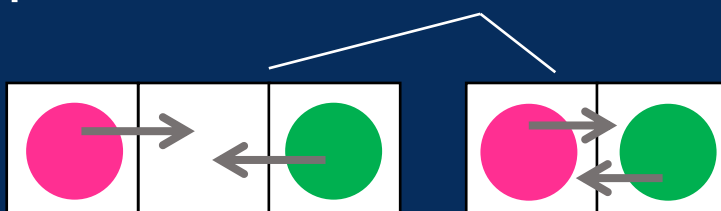
-  graph
-  agents (starts)
-  targets

solution

target assignment



paths without collisions



objective

minimize last arrival timestep (aka. makespan)

\*時間は離散化, 必ず実行可能解が存在

# 応用例



YouTube/Mind Blowing Videos



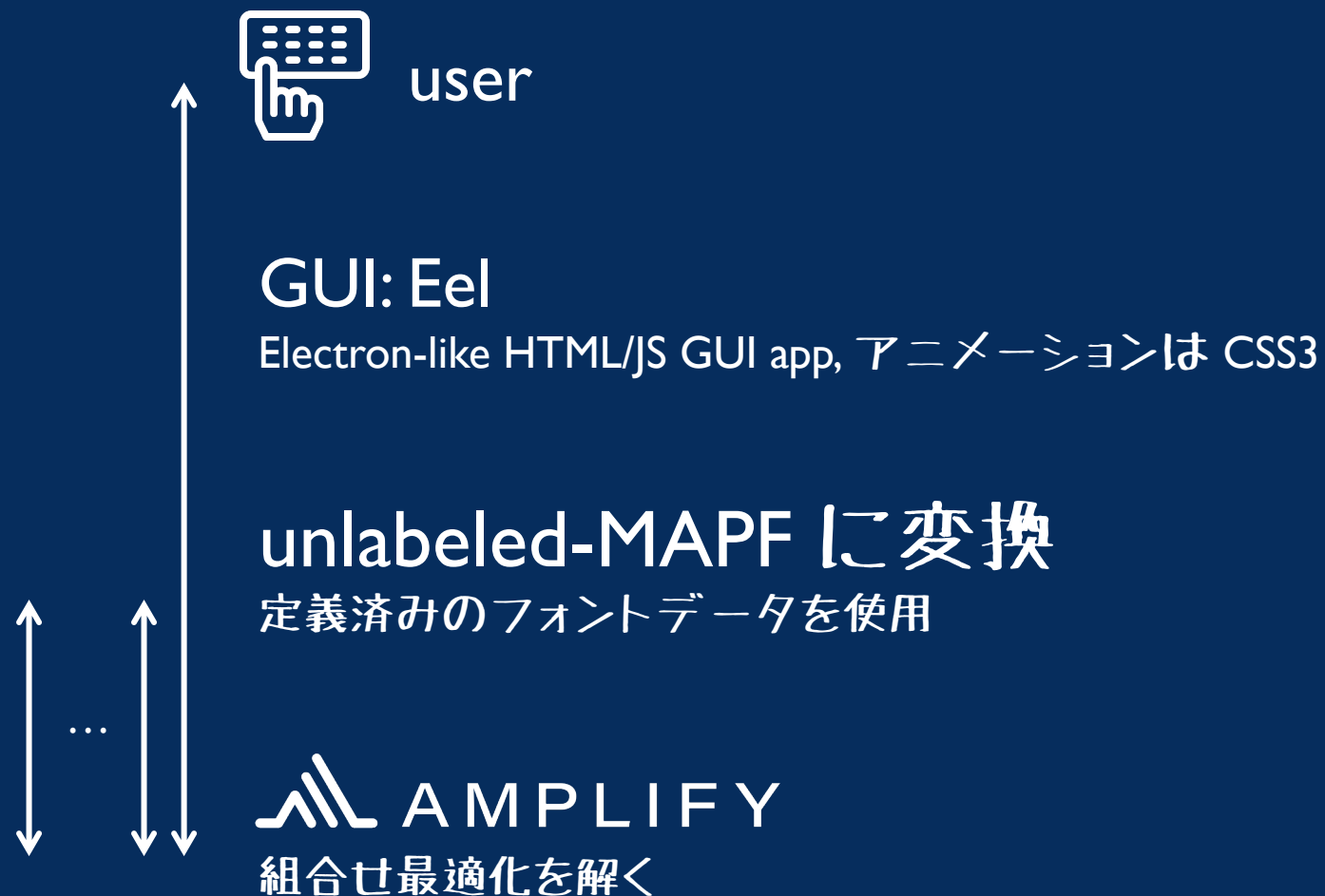
Twitter/@knaohiro I



YouTube/StarCraft

自動倉庫の荷物運搬, ロボットサッカー, デジタルゲームなど種々様々  
(かなり実用的な問題)

# アプリケーションの構成



# 最適化の方針

メイクスパン  $T$  (初期値  $l$ ) に対して実行可能解を求める

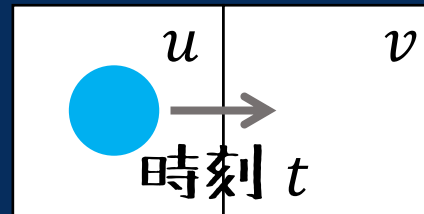
Success

メイクスパン最適な解が得られた, 後処理して終了

Fail

$T$  をインクリメントしてやり直し

# 定式化 - 変数



$x_{(u,v),t}$  : 辺  $(u, v)$  を時刻  $[t, t + 1]$  で使用するかの二値数

# 定式化 - 制約条件

初期位置から出発  $\sum_{v \in \partial(s)} x_{(s,v),0} = 1 \quad \forall s \in \text{スタートの集合}$

ターゲットへの到達  $\sum_{u \in \partial(g)} x_{(u,g),T-1} = 1 \quad \forall g \in \text{ターゲットの集合}$

頂点から出ていく数の制限  $\sum_{v \in \partial(u)} x_{(u,v),t} \leq 1 \quad \forall u \in V, 0 \leq t < T$

頂点に入ってくる数の制限  $\sum_{u \in \partial(v)} x_{(u,v),t} \leq 1 \quad \forall v \in V, 0 \leq t < T$

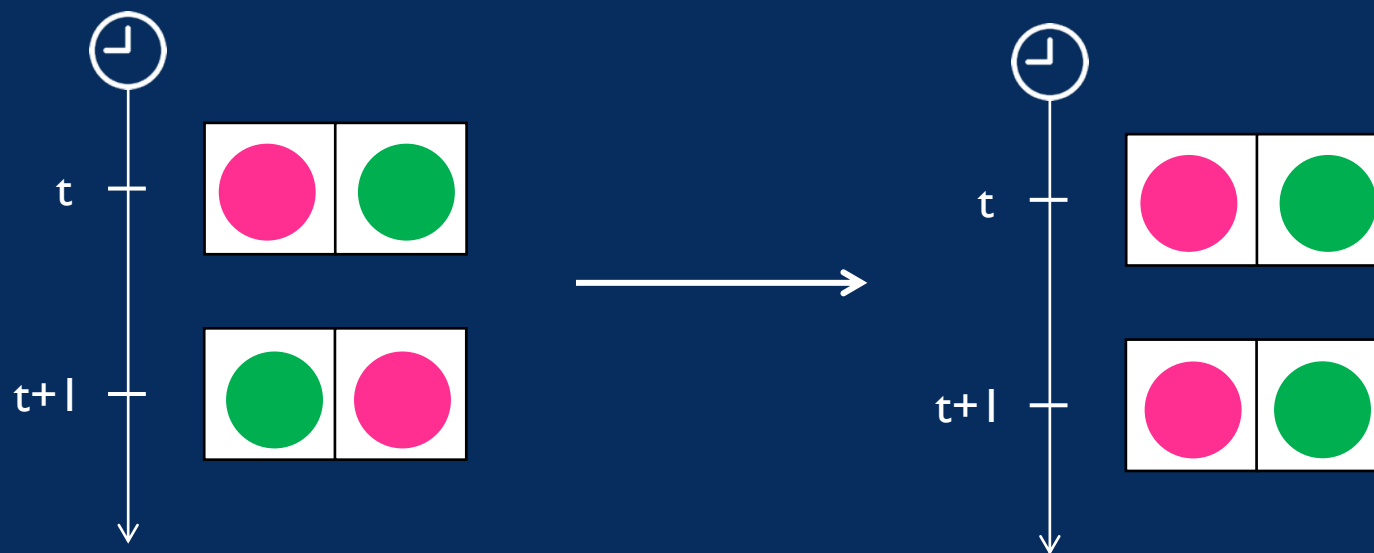
経路の連続性  $\sum_{u \in \partial(v)} x_{(u,v),t} = \sum_{u \in \partial(v)} x_{(v,u),t+1} \quad \forall v \in V, 0 \leq t < T - 1$

$$\partial(u) \stackrel{\text{def}}{=} \{ v \mid (u,v) \in E \} \cup \{ u \}$$



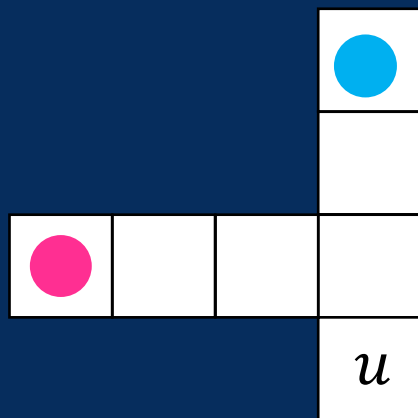
# 解の後処理

制約条件は辺上での衝突回避を課していないので後処理が必要



# 小テク - 枝刈り

{スタートから / ターゲットに} 到達不可能な (頂点, 時刻) のペアは事前に検出  
問題を簡易化しておく



$t \leq 2$  では誰も  $u$  に辿り着けない  
(幅優先探索x1で求められる)



$$x_{(u,v),t} = 0 \quad v \in \partial(u), 0 \leq t \leq 2$$

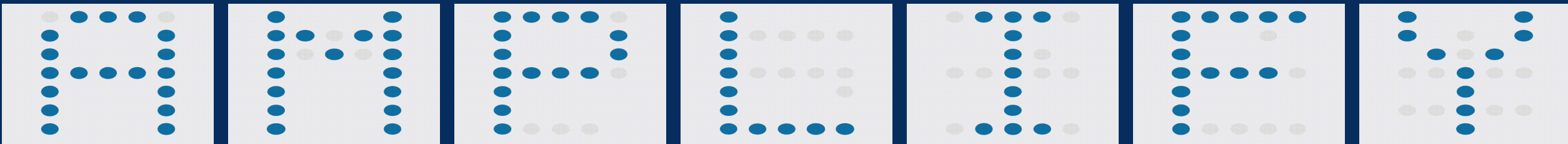
$$x_{(v,u),t} = 0 \quad v \in \partial(u), 0 \leq t < 2$$

ターゲットに到達できない (頂点, 時刻) も同様に検出可

# Take-home Message

コア技術      ターゲット割当 & 経路計画の同時最適化

作ったもの      文字遷移の(リアルタイム)アニメーション生成



# 感想など

## 個人的なモチベ

手軽に使えるような組合せ最適化ソルバを試しておきたかった  
(Gurobi や Google OR-Tools あたりは使用経験あり, Amplify は知りませんでした)

定式化してから実装までがスムーズにできた印象

## 手法の弱点

API を頻繁に叩くことが前提なので制限が怖い  
大きいインスタンスは厳しい (e.g., 1000 agents)

## その他

最初は (頂点, 時刻) を変数にしようとしたが駄目そう  
js – python 間の非同期処理はちゃんとやっていない... もっとヌルヌル動かしたい  
いい応用例あったら教えてください！