

一般化アマゾンは PSPACE-complete

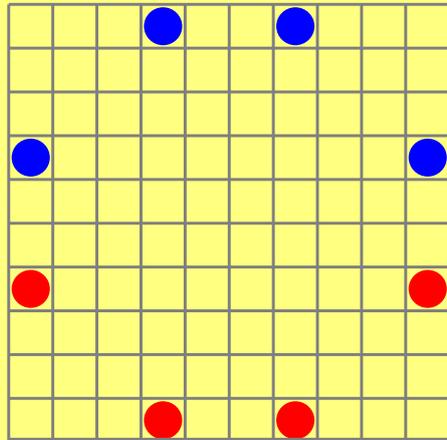
国立情報学研究所 清見礼

国立情報学研究所 宇野毅明

Univ. of Alberta Timothy Furtak

Univ. of Alberta Michael Buro

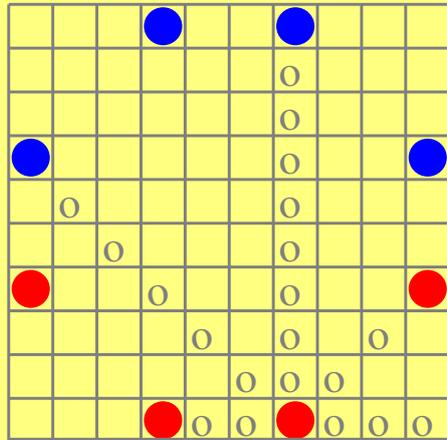
アマゾン



2人完全情報ゲーム

ボードサイズ 10×10

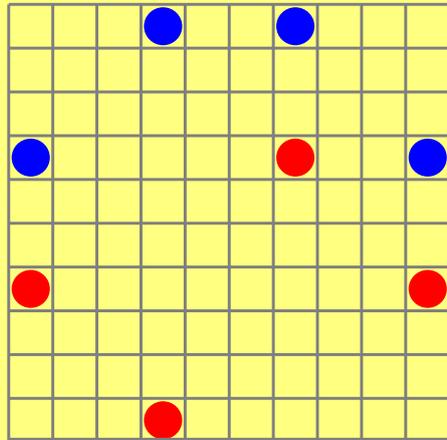
アマゾン



2人完全情報ゲーム

ボードサイズ 10×10

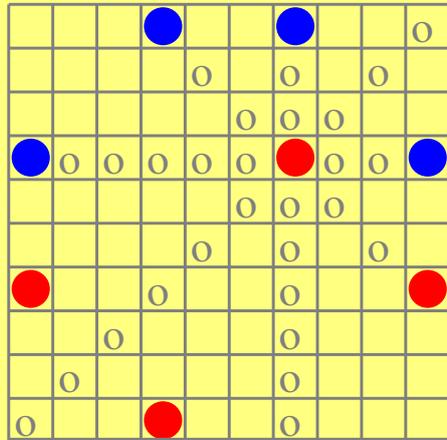
アマゾン



2人完全情報ゲーム

ボードサイズ 10×10

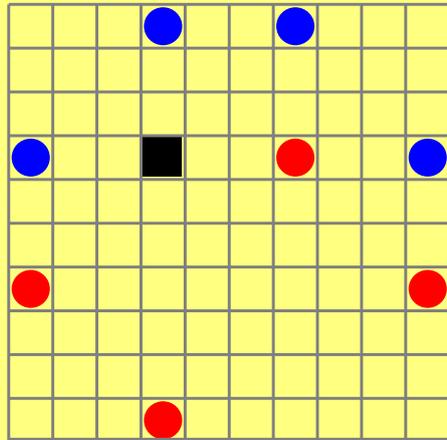
アマゾン



2人完全情報ゲーム

ボードサイズ 10×10

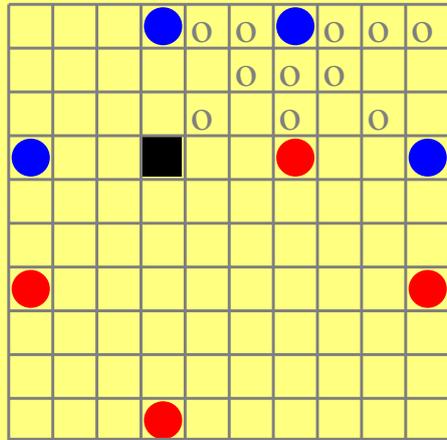
アマゾン



2人完全情報ゲーム

ボードサイズ 10×10

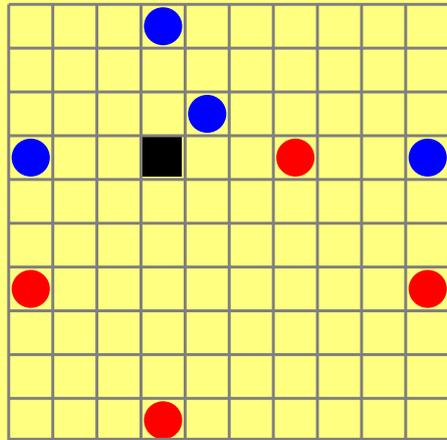
アマゾン



2人完全情報ゲーム

ボードサイズ 10×10

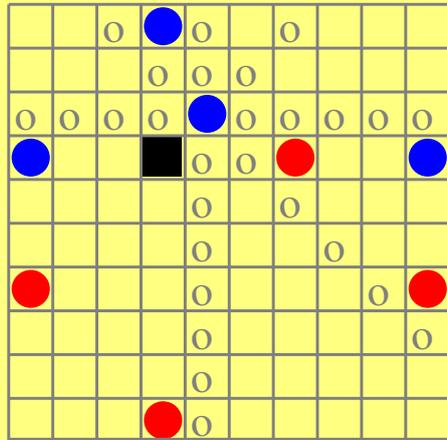
アマゾン



2人完全情報ゲーム

ボードサイズ 10×10

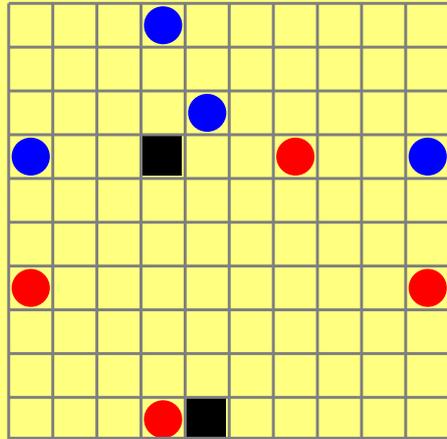
アマゾン



2人完全情報ゲーム

ボードサイズ 10×10

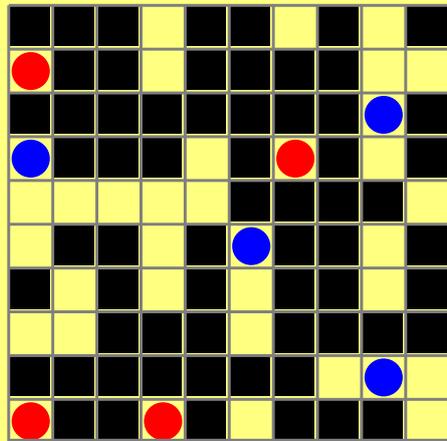
アマゾン



2人完全情報ゲーム

ボードサイズ 10×10

アマゾン

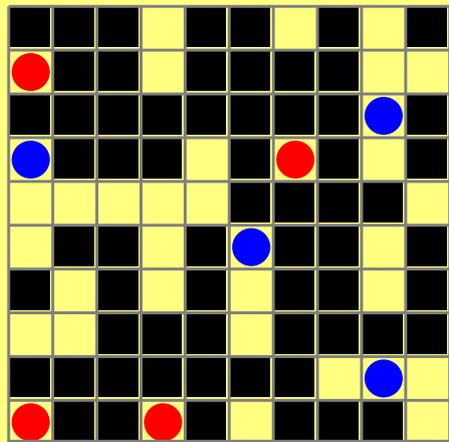


2人完全情報ゲーム

ボードサイズ 10×10

先に動けなくなった方の負け

一般化アマゾン



2人完全情報ゲーム

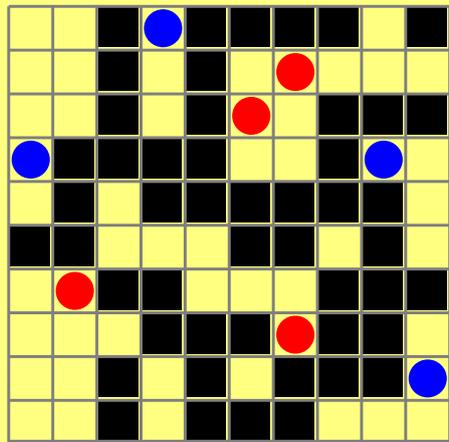
ボードサイズ 10×10

先に動けなくなった方の負け

ボードサイズを $n \times m$ に拡張, ブロックの初期配置

→ お互いの駒が非干渉でも NP-hard

一般化アマゾン



2人完全情報ゲーム

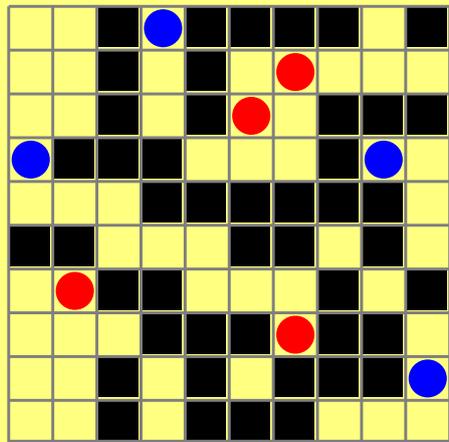
ボードサイズ 10×10

先に動けなくなった方の負け

ボードサイズを $n \times m$ に拡張, ブロックの初期配置

→ お互いの駒が非干渉でも NP-hard

一般化アマゾン



2人完全情報ゲーム

ボードサイズ 10×10

先に動けなくなった方の負け

ボードサイズを $n \times m$ に拡張, ブロックの初期配置

我々の結果: 一般の場合 PSPACE-hard

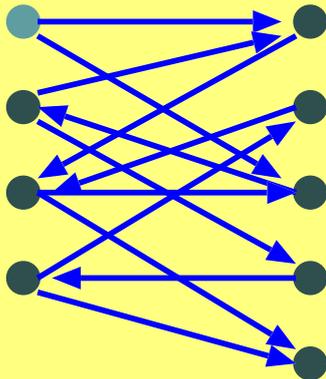
PSPACE-hard

PSPACE: 入力サイズの多項式の空間計算量で解けるクラス

PSPACE-hard: 任意の **PSPACE** の問題から多項式時間帰着できる

PSPACE-hard な問題の例: **generalised geography**

start

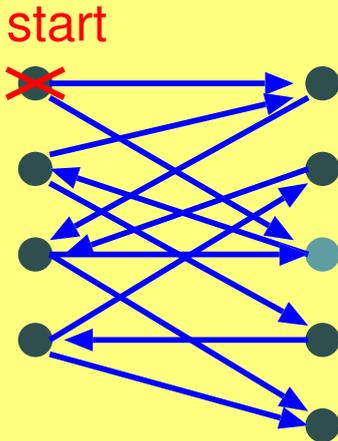


PSPACE-hard

PSPACE: 入力サイズの多項式の空間計算量で解けるクラス

PSPACE-hard: 任意の **PSPACE** の問題から多項式時間帰着できる

PSPACE-hard な問題の例: **generalised geography**

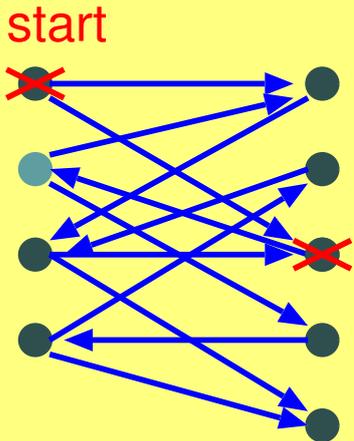


PSPACE-hard

PSPACE: 入力サイズの多項式の空間計算量で解けるクラス

PSPACE-hard: 任意の **PSPACE** の問題から多項式時間帰着できる

PSPACE-hard な問題の例: **generalised geography**

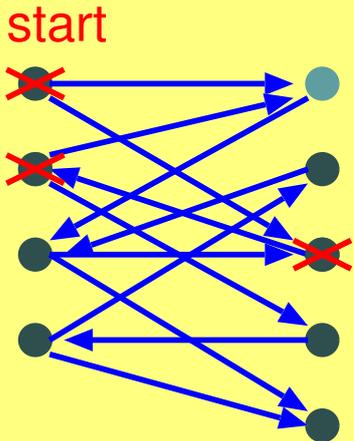


PSPACE-hard

PSPACE: 入力サイズの多項式の空間計算量で解けるクラス

PSPACE-hard: 任意の **PSPACE** の問題から多項式時間帰着できる

PSPACE-hard な問題の例: **generalised geography**

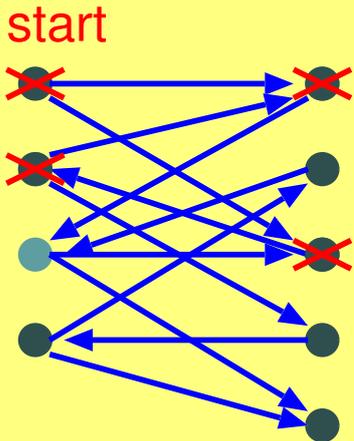


PSPACE-hard

PSPACE: 入力サイズの多項式の空間計算量で解けるクラス

PSPACE-hard: 任意の **PSPACE** の問題から多項式時間帰着できる

PSPACE-hard な問題の例: **generalised geography**



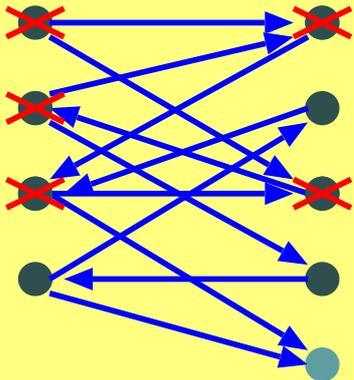
PSPACE-hard

PSPACE: 入力サイズの多項式の空間計算量で解けるクラス

PSPACE-hard: 任意の **PSPACE** の問題から多項式時間帰着できる

PSPACE-hard な問題の例: **generalised geography**

start



先に動けなくなった方の負け

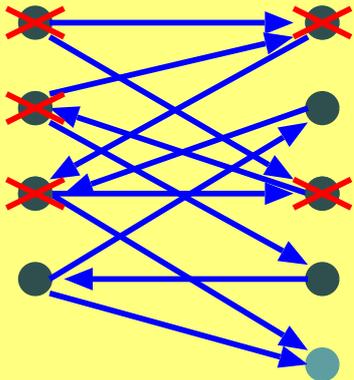
PSPACE-hard

PSPACE: 入力サイズの多項式の空間計算量で解けるクラス

PSPACE-hard: 任意の **PSPACE** の問題から多項式時間帰着できる

PSPACE-hard な問題の例: **generalised geography**

start



先に動けなくなった方の負け

平面 2 部グラフ, 最大次数 3 に限定しても
PSPACE-hard

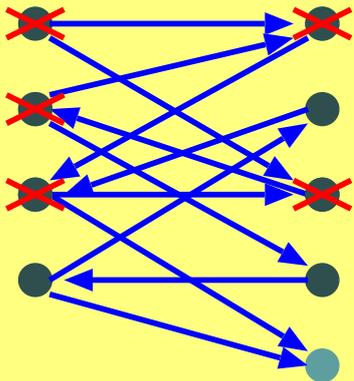
PSPACE-hard

PSPACE: 入力サイズの多項式の空間計算量で解けるクラス

PSPACE-hard: 任意の **PSPACE** の問題から多項式時間帰着できる

PSPACE-hard な問題の例: **generalised geography**

start



先に動けなくなった方の負け

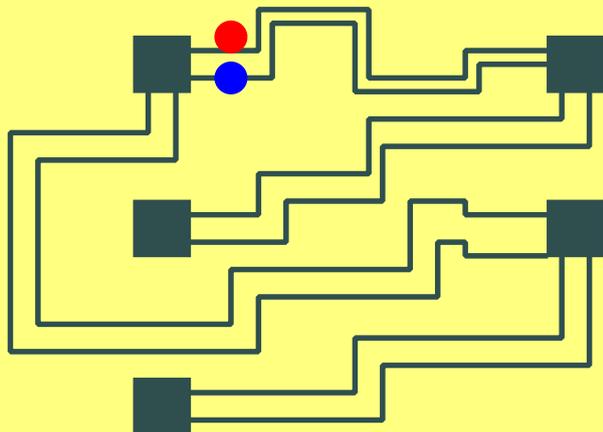
平面 2 部グラフ, 最大次数 3 に限定しても
PSPACE-hard

→ この問題をアマゾンに帰着

方針

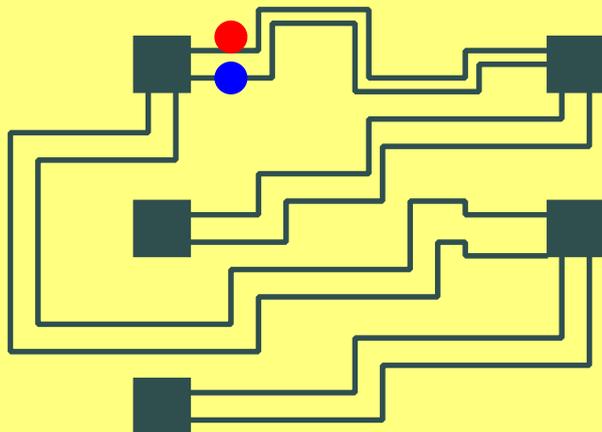
アマゾンで **geography** の2部グラフをエミュレート

二つの駒が並行して同じ早さで動く



方針

アマゾンで geography の2部グラフをエミュレート
二つの駒が並行して同じ早さで動く

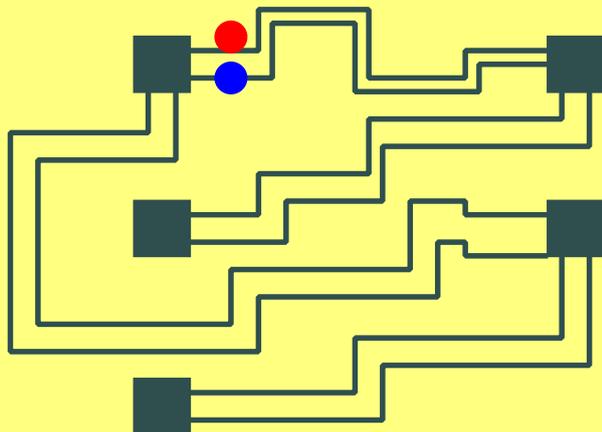


片方が速度を緩めると
閉じ込められる

方針

アマゾンで geography の2部グラフをエミュレート

二つの駒が並行して同じ早さで動く

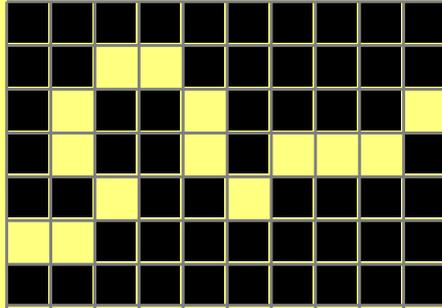


片方が速度を緩めると
閉じ込められる

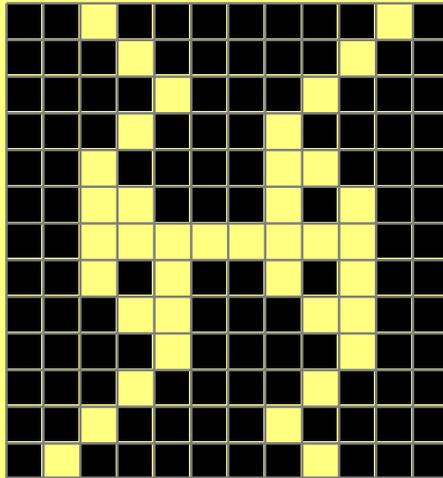
各頂点では手番のプレイヤーが
行き先を選べる

各頂点は1度しか入れない

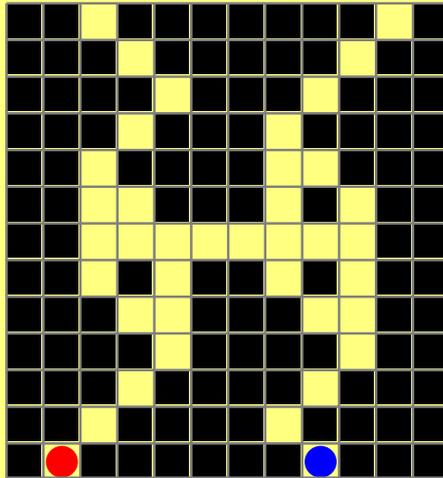
道



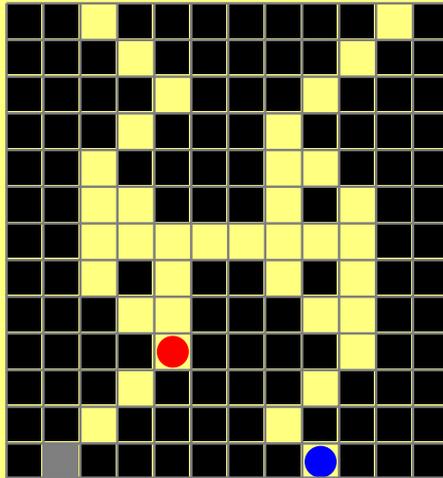
top speed 強制ガジェット



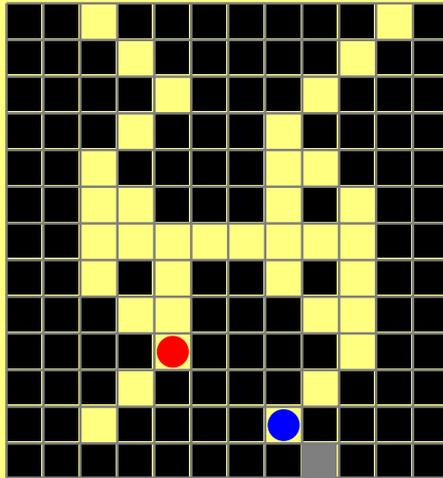
top speed 強制ガジェット



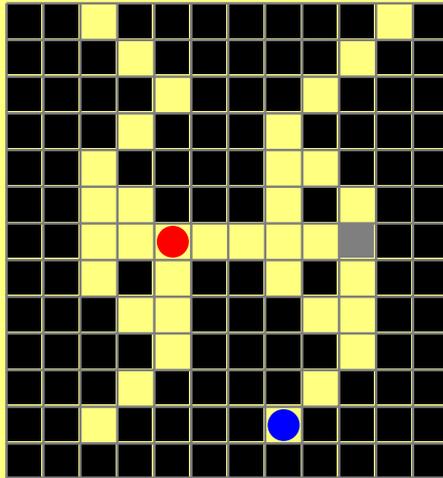
top speed 強制ガジェット



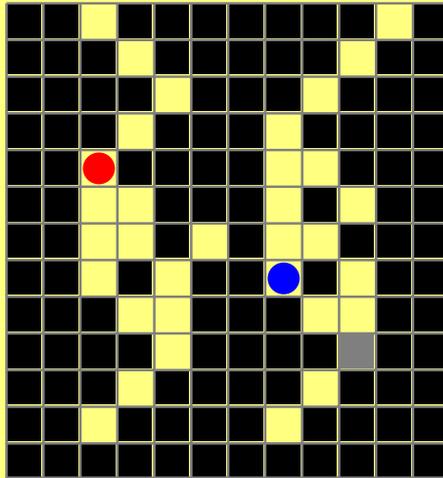
top speed 強制ガジェット



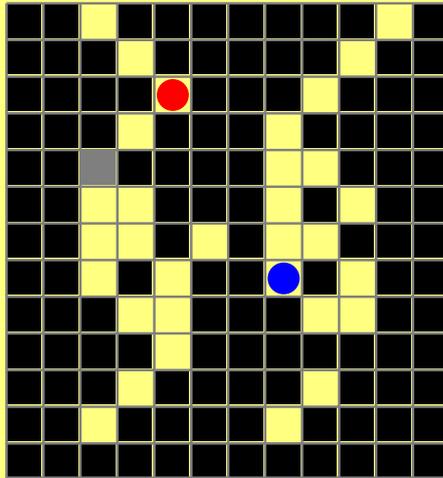
top speed 強制ガジェット



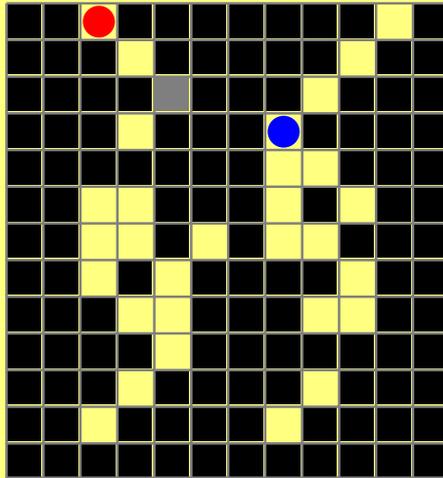
top speed 強制ガジェット



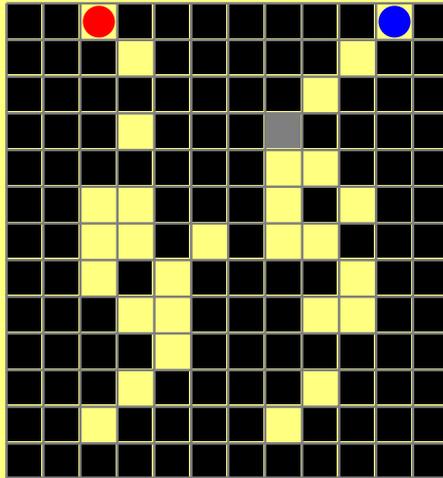
top speed 強制ガジェット



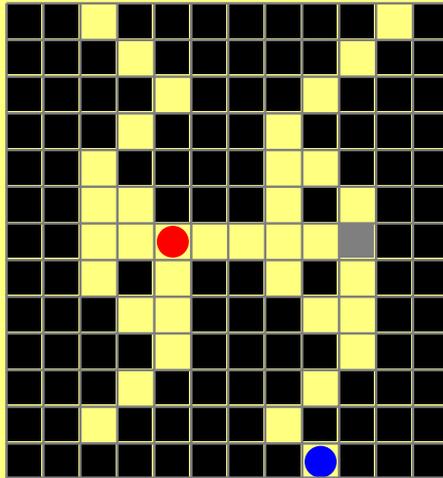
top speed 強制ガジェット



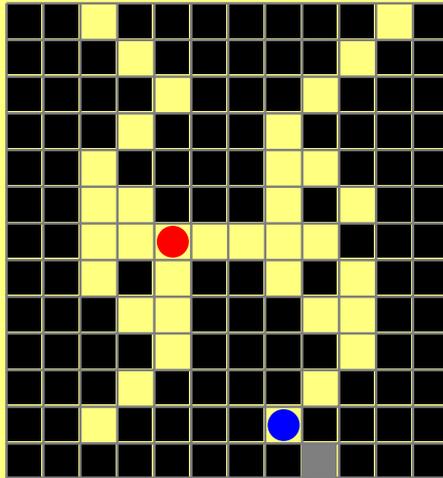
top speed 強制ガジェット



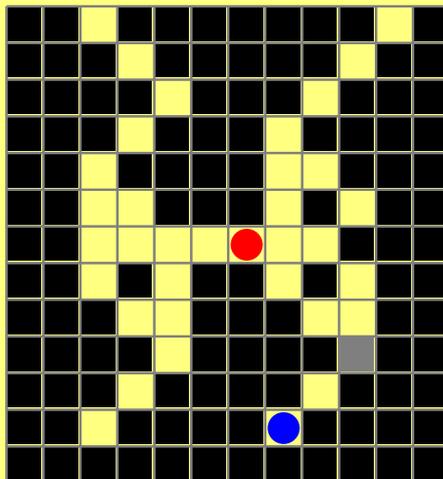
top speed 強制ガジェット



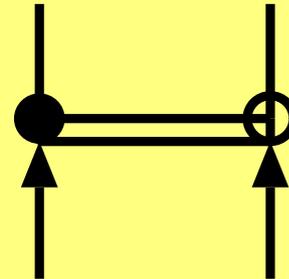
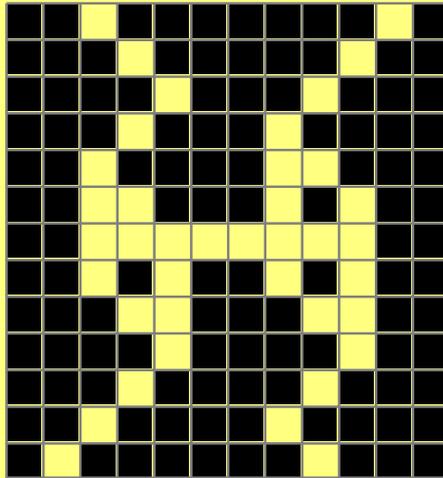
top speed 強制ガジェット



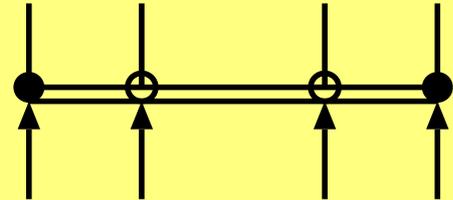
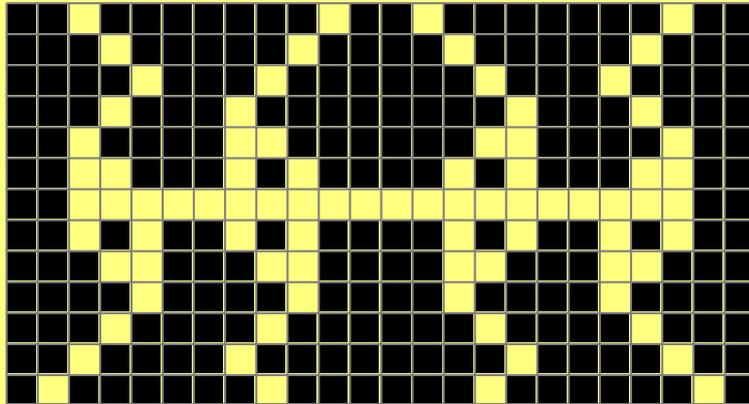
top speed 強制ガジェット



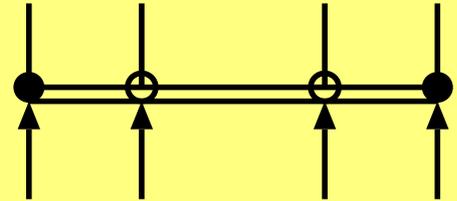
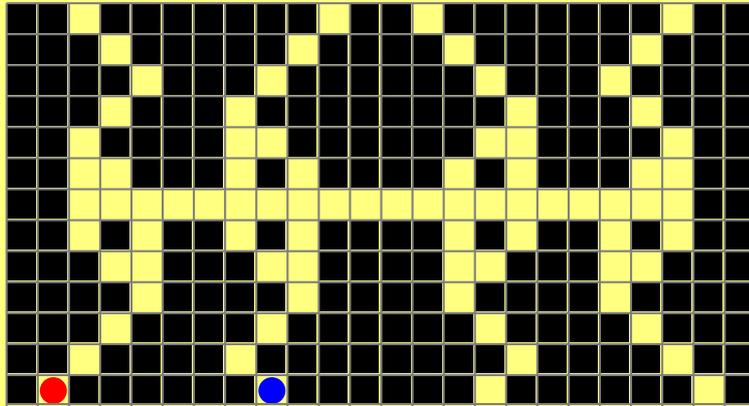
top speed 強制ガジェット



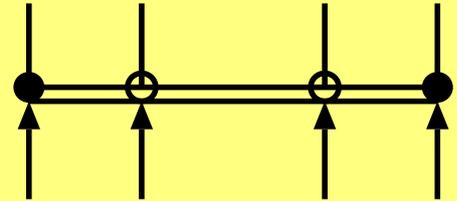
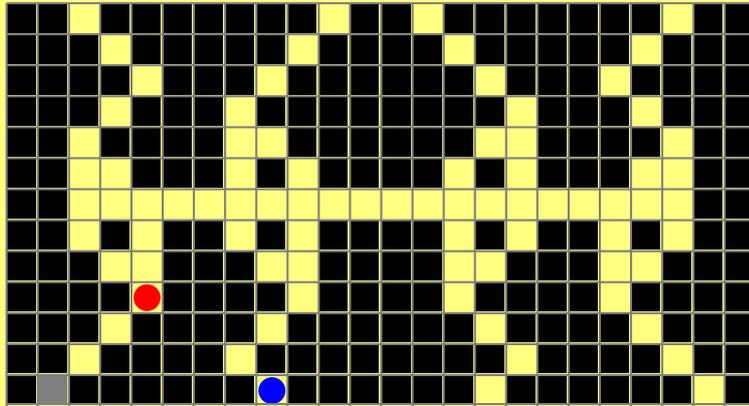
top speed 強制ガジェット2



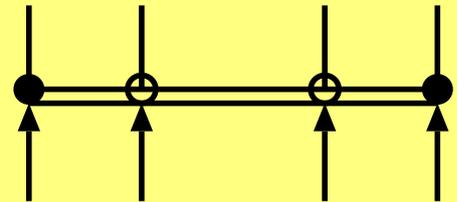
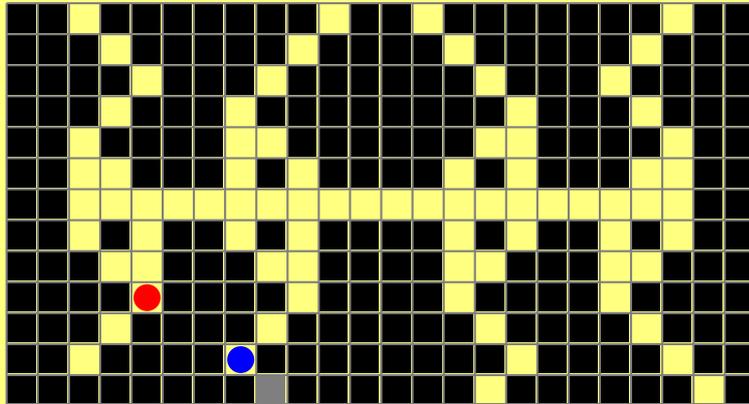
top speed 強制ガジェット2



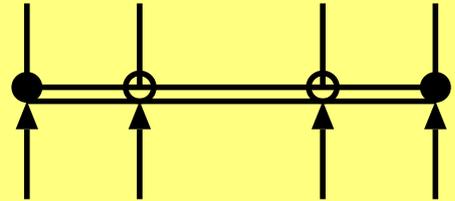
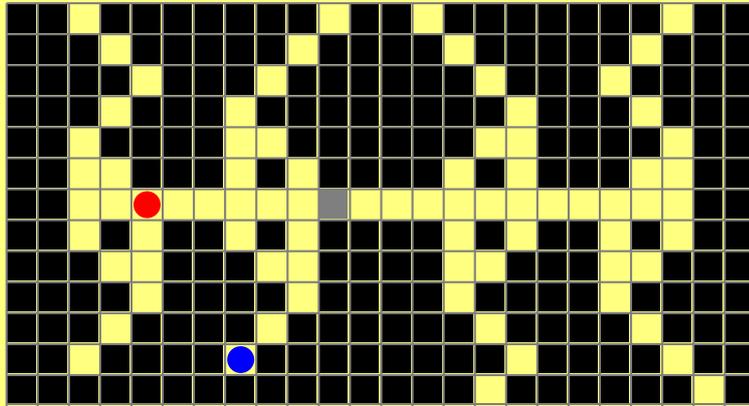
top speed 強制ガジェット2



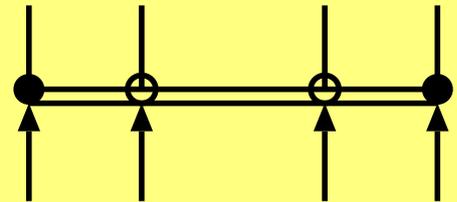
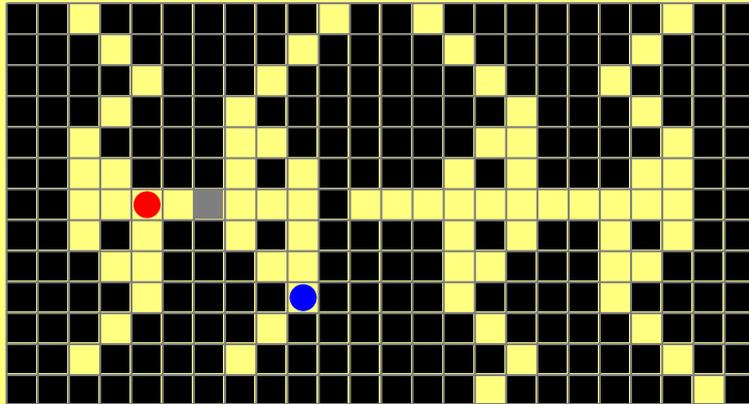
top speed 強制ガジェット2



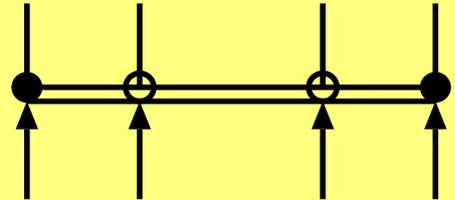
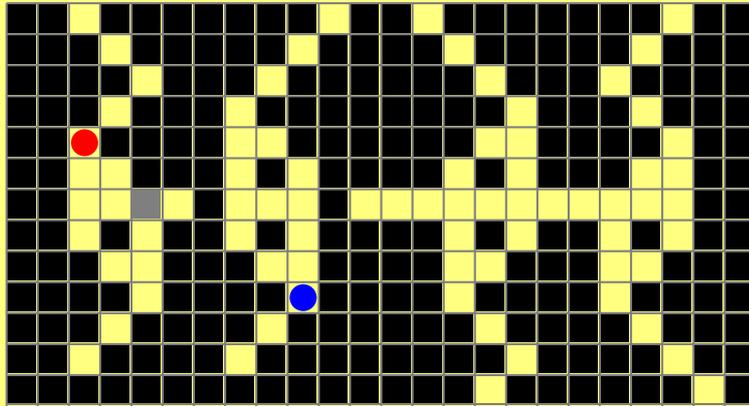
top speed 強制ガジェット2



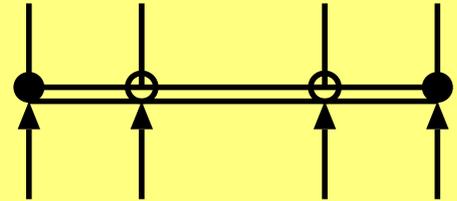
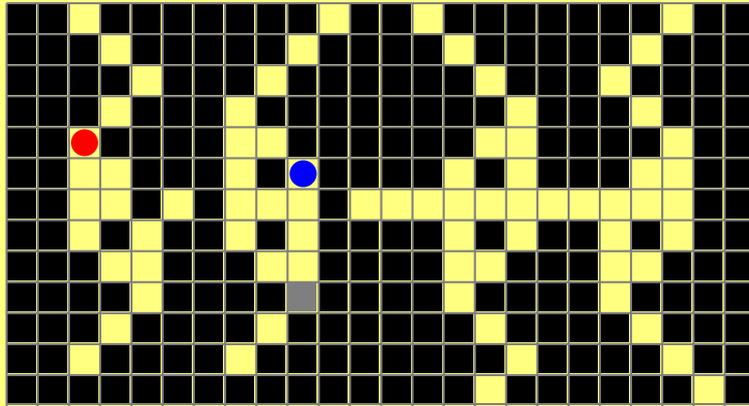
top speed 強制ガジェット2



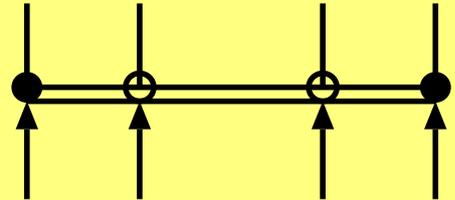
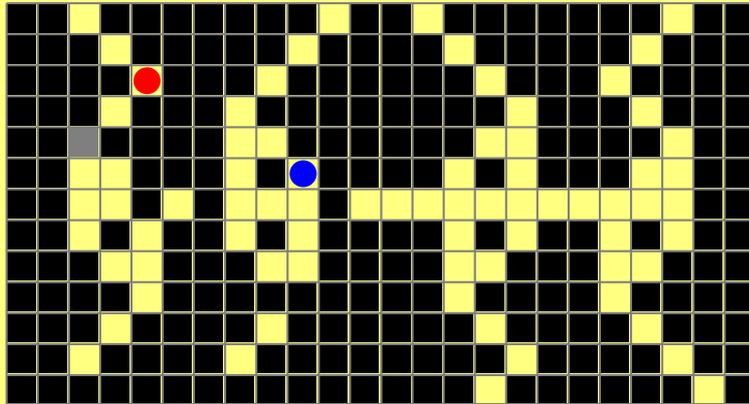
top speed 強制ガジェット2



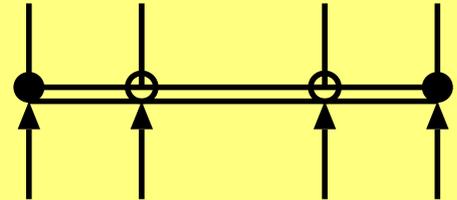
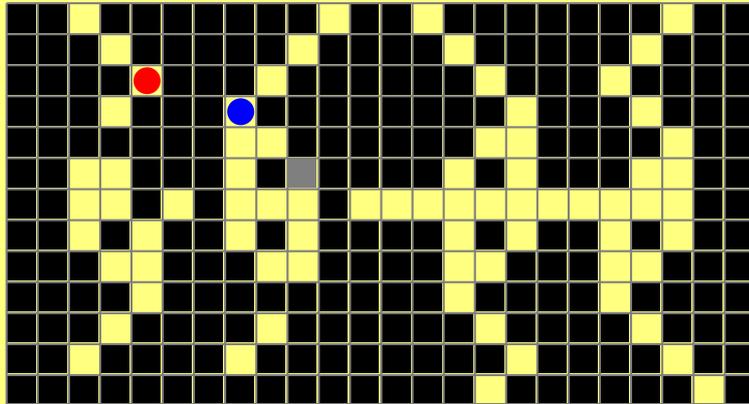
top speed 強制ガジェット2



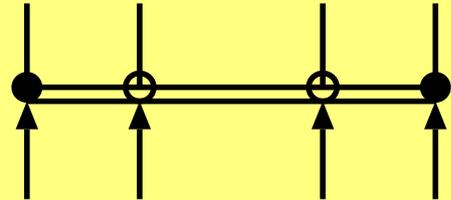
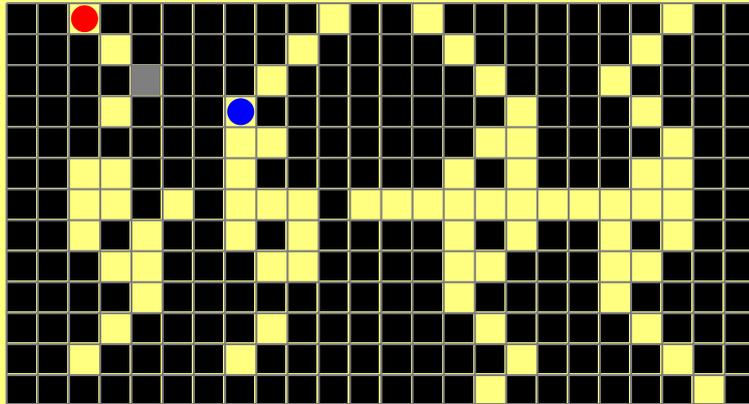
top speed 強制ガジェット2



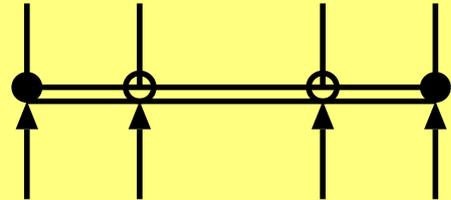
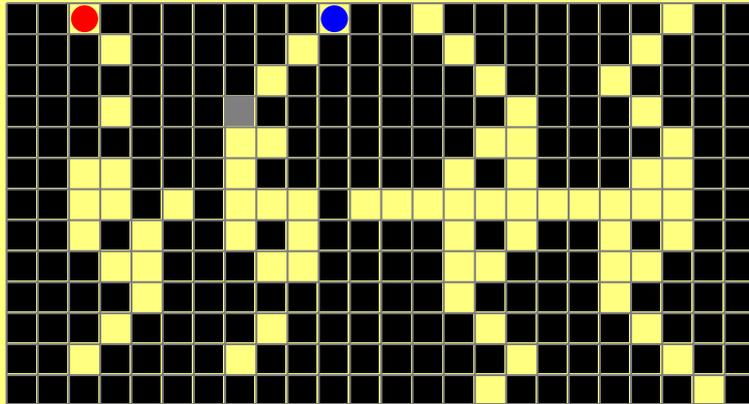
top speed 強制ガジェット2



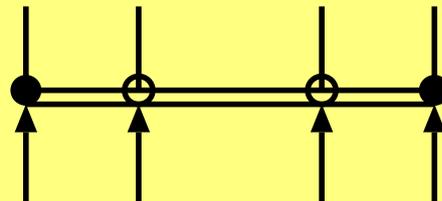
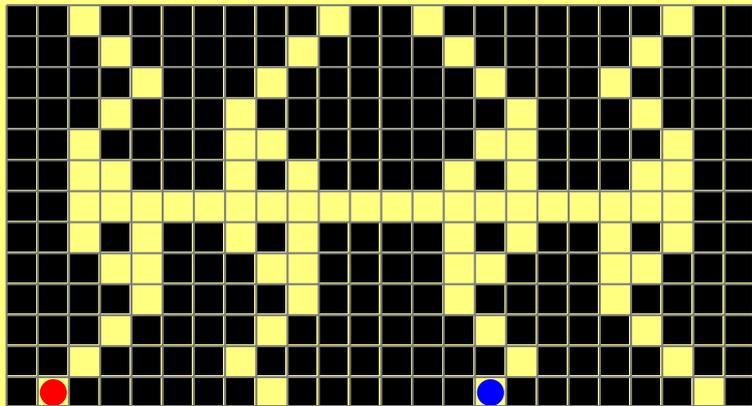
top speed 強制ガジェット2



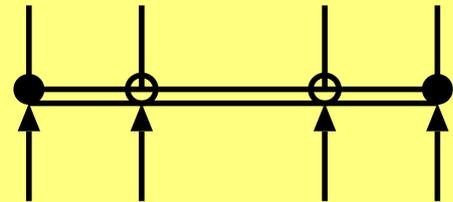
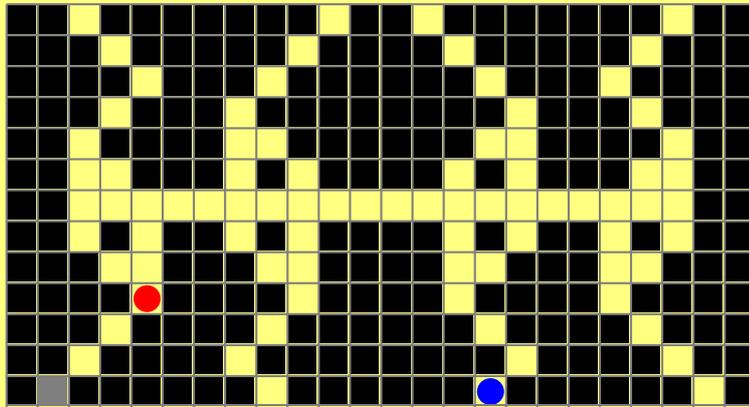
top speed 強制ガジェット2



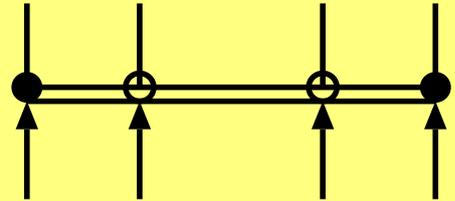
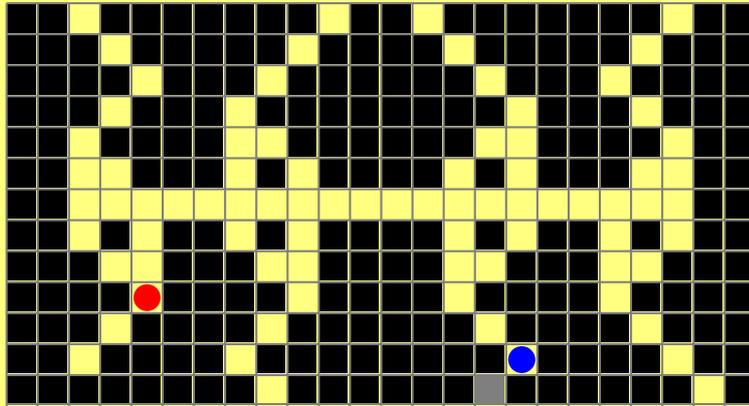
top speed 強制ガジェット2



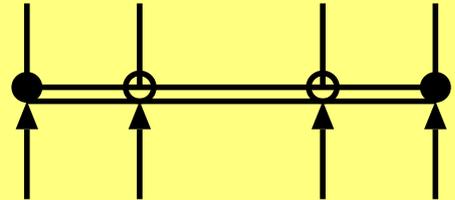
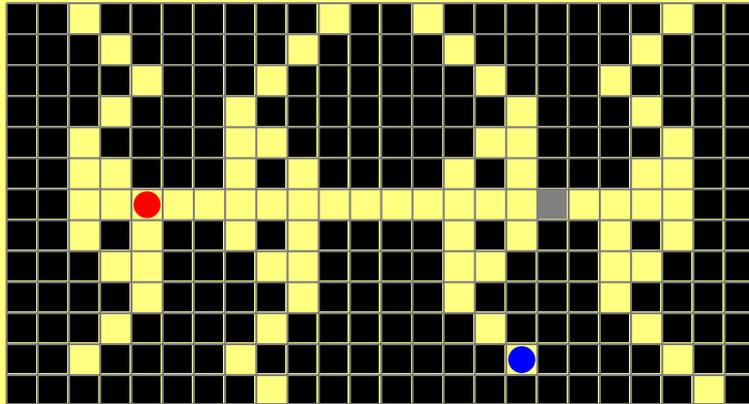
top speed 強制ガジェット2



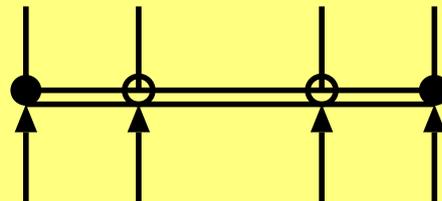
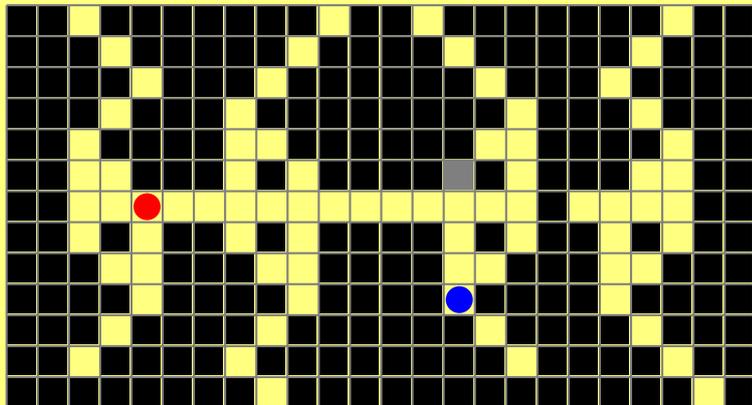
top speed 強制ガジェット2



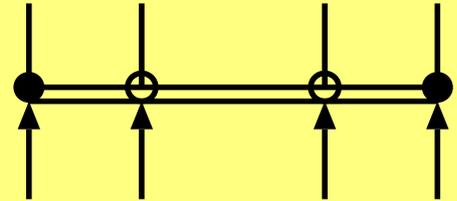
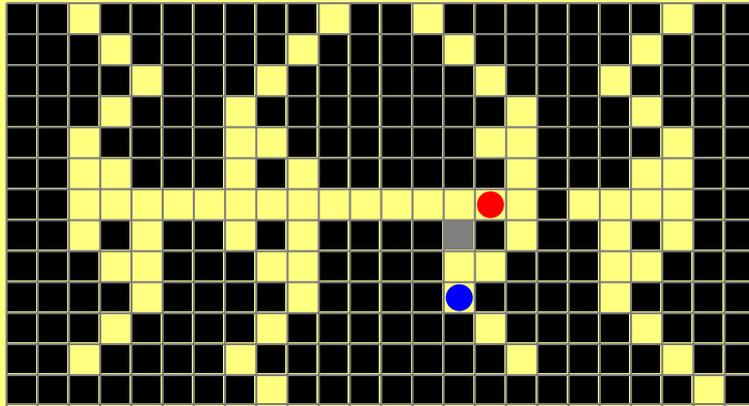
top speed 強制ガジェット2



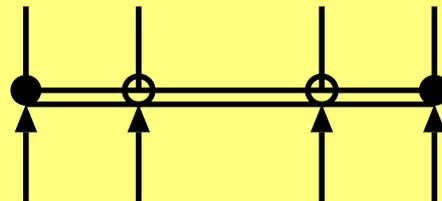
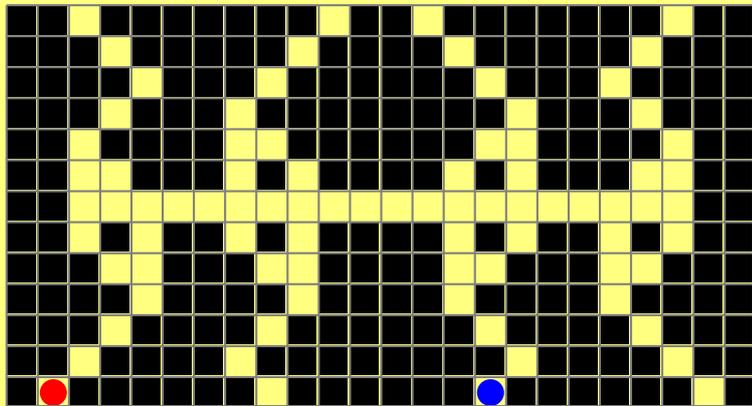
top speed 強制ガジェット2



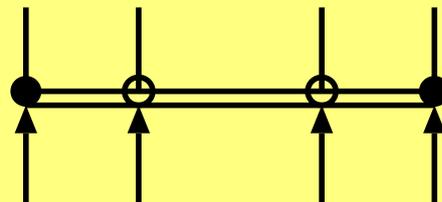
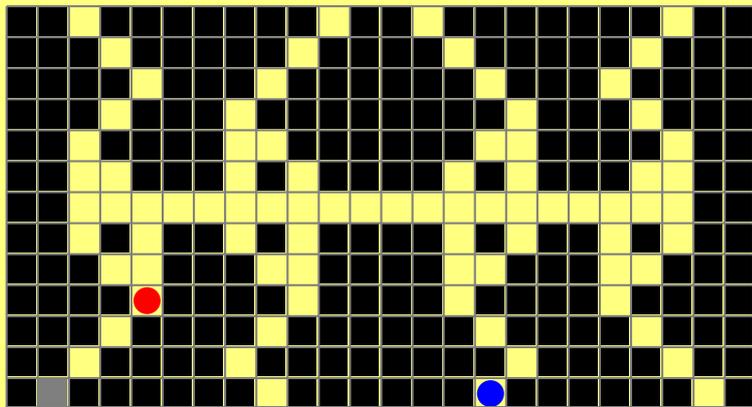
top speed 強制ガジェット2



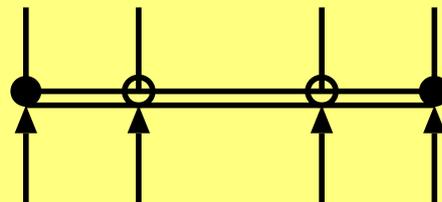
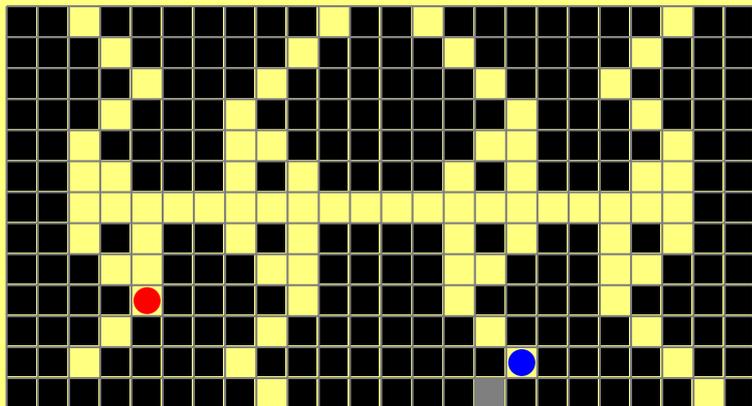
top speed 強制ガジェット2



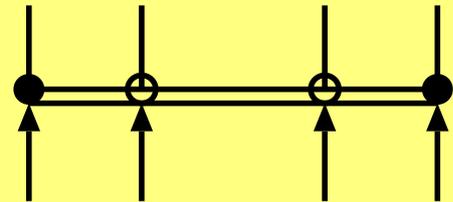
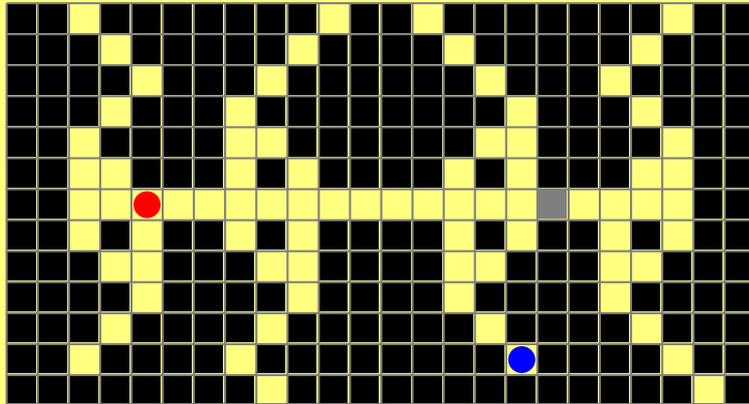
top speed 強制ガジェット2



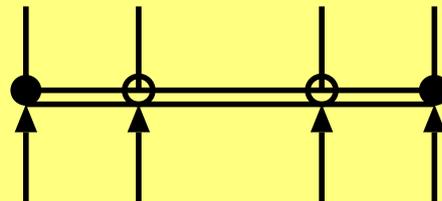
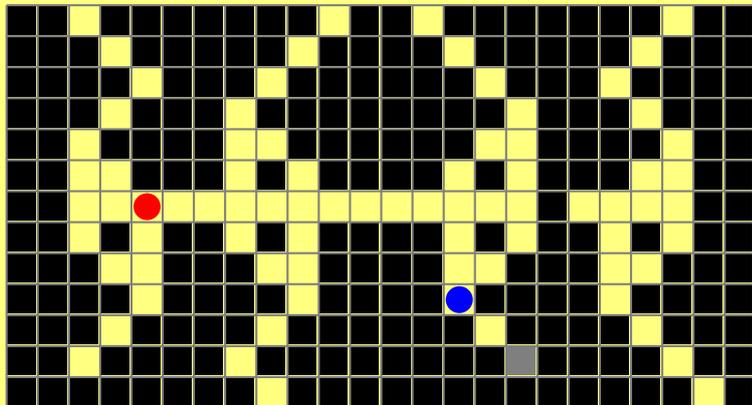
top speed 強制ガジェット2



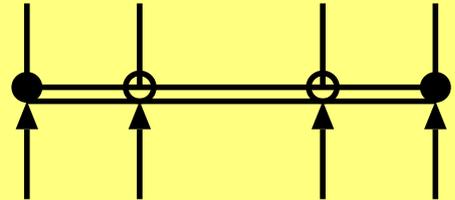
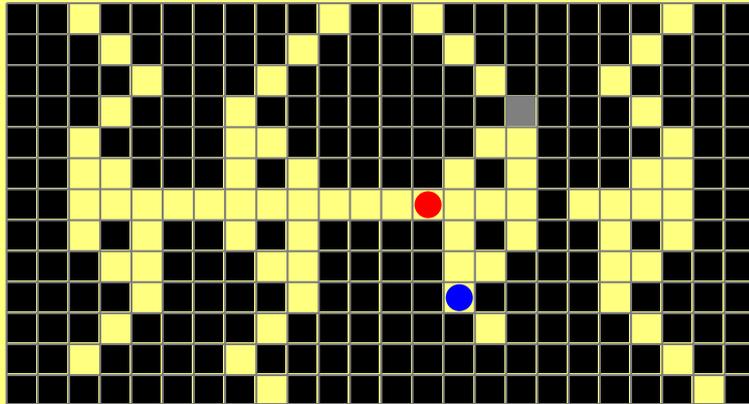
top speed 強制ガジェット2



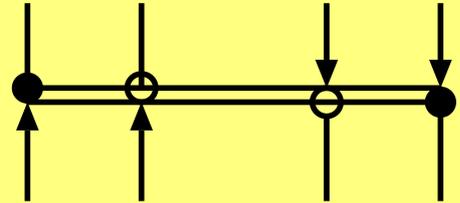
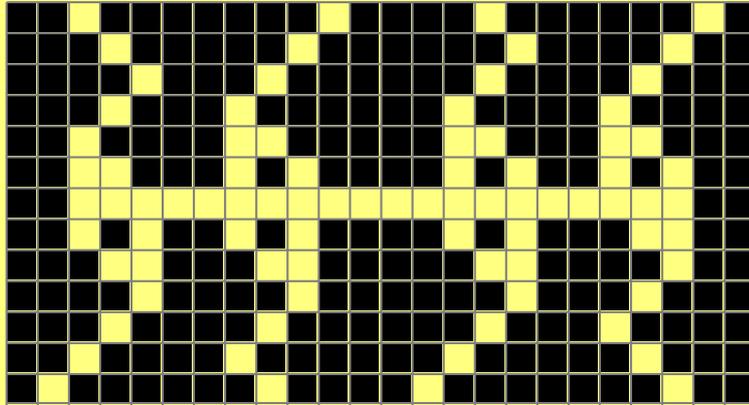
top speed 強制ガジェット2



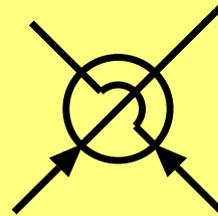
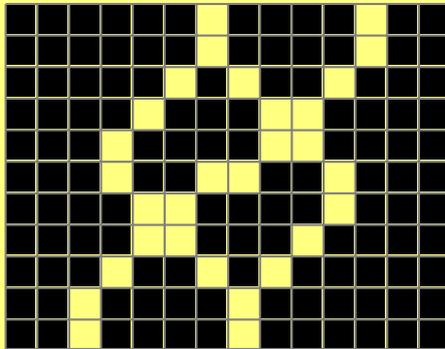
top speed 強制ガジェット2



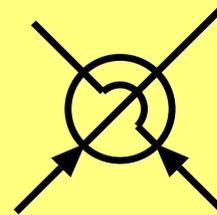
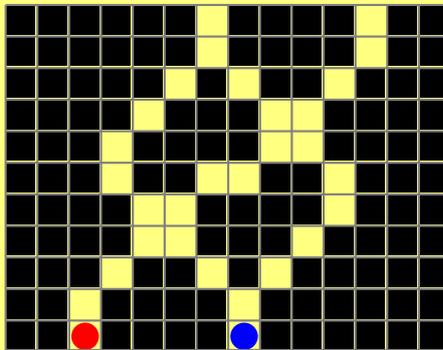
top speed 強制ガジェット 3



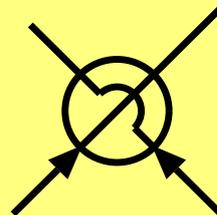
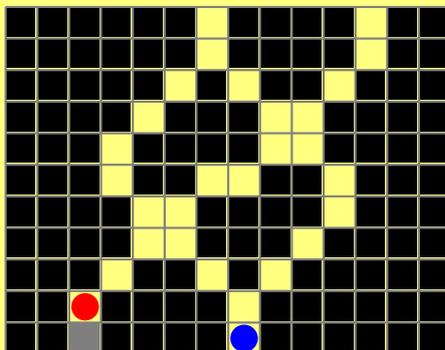
交差ガジェット



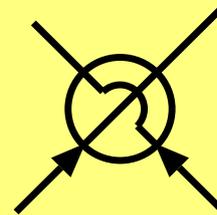
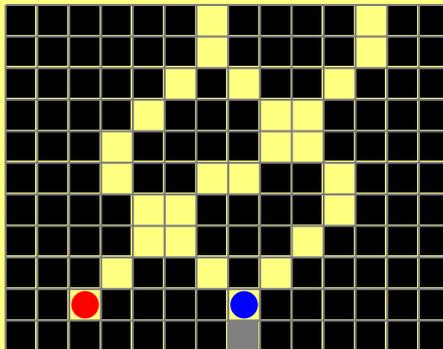
交差ガジェット



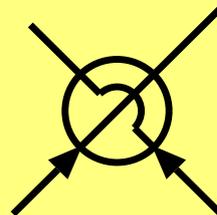
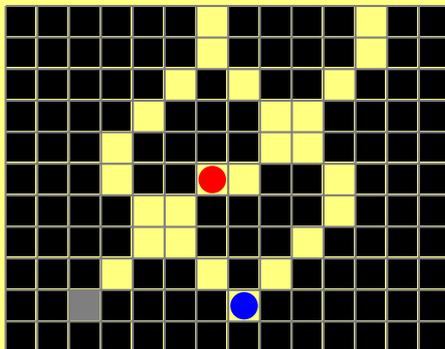
交差ガジェット



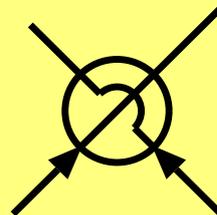
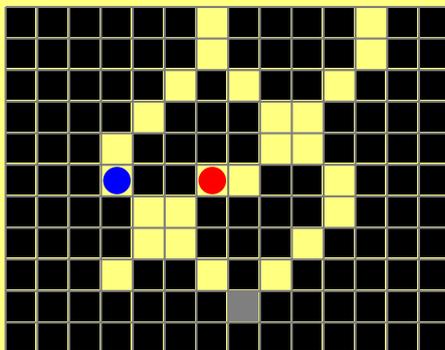
交差ガジェット



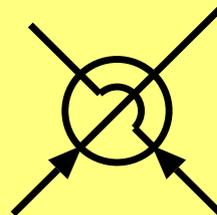
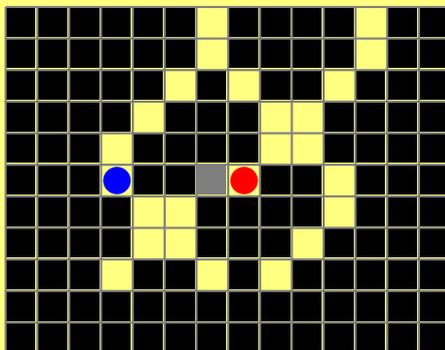
交差ガジェット



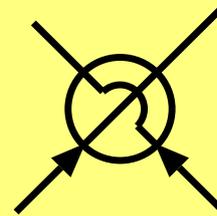
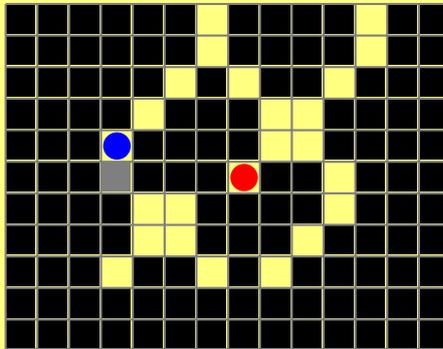
交差ガジェット



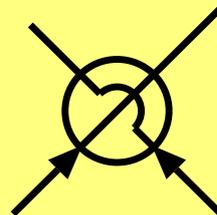
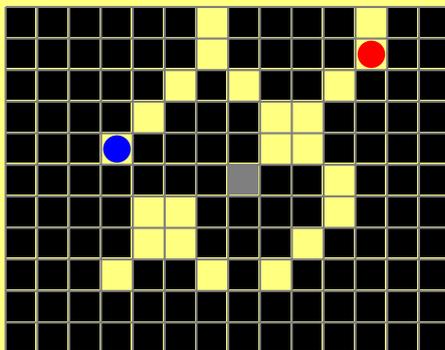
交差ガジェット



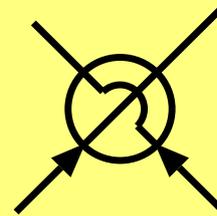
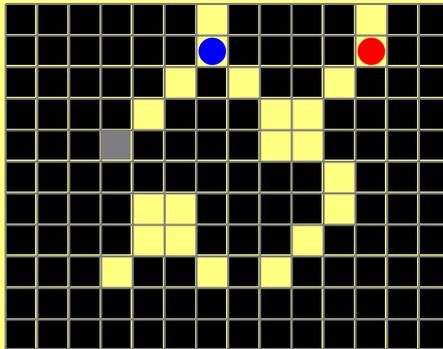
交差ガジェット



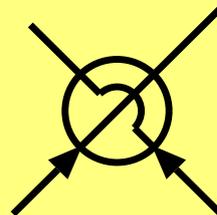
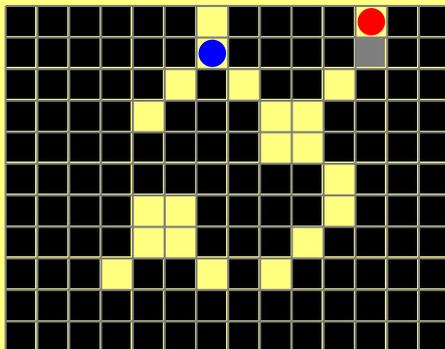
交差ガジェット



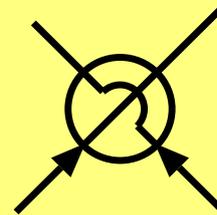
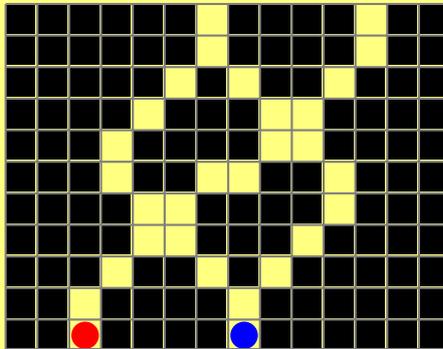
交差ガジェット



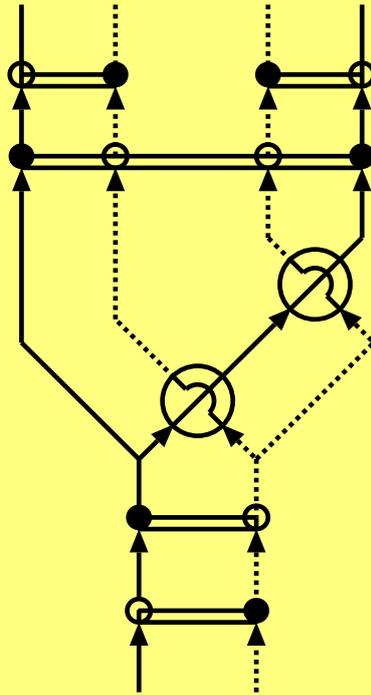
交差ガジェット



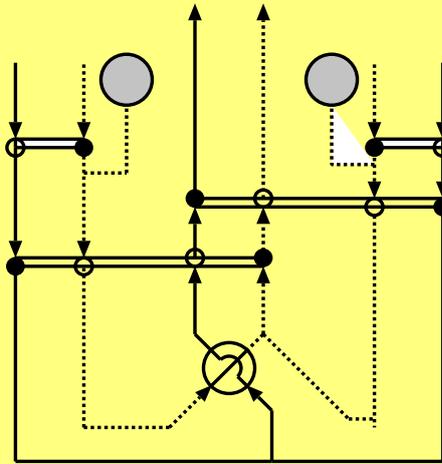
交差ガジェット



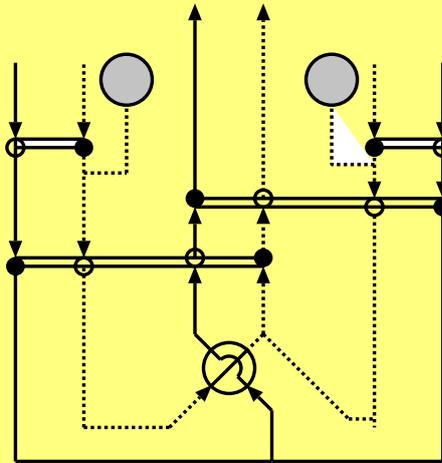
頂点(入次数1, 出次数2)



頂点(入次数2, 出次数1)



頂点(入次数2, 出次数1)



以上のようにして, **geography** をアマゾンでエミュレート可能

→ アマゾンは **PSPACE-complete**