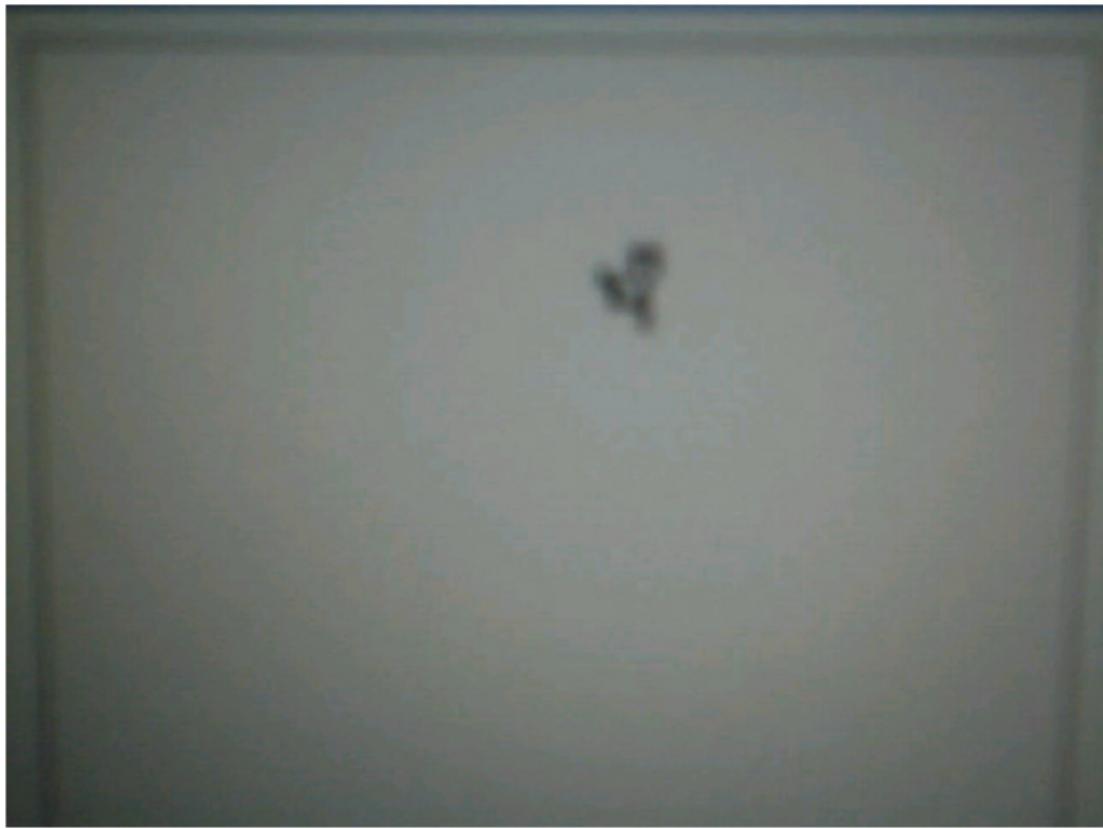


破損した破損：アメーバの知性

郡司ペギオ幸夫

神戸大学理学部・地球惑星科学科

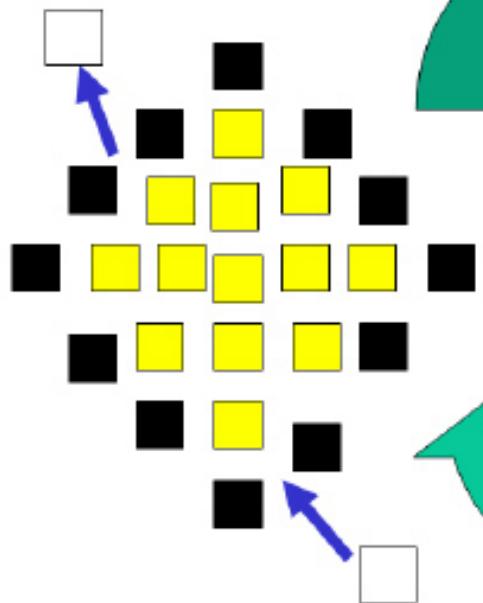




部分の総和

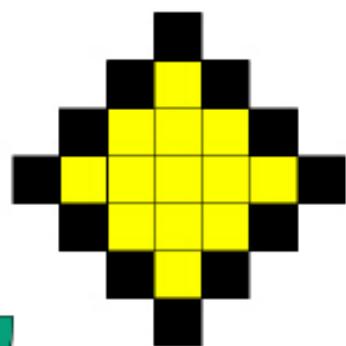
全体性

「空」 → 空



空 → 「空」

外部



空

「生命とは何か」という問いの構造から直接、
ミニマルな細胞のモデルをつくる

「生命とは何か」という問いの構造から直接、
ミニマルな細胞のモデルをつくる

構造 → フレーム問題の接続した自己言及

「生命とは何か」という問いの構造から直接、
ミニマルな細胞のモデルをつくる

構造 → フレーム問題の接続した自己言及

アメーバ的運動・探索能力 + 粘菌の問題解決能力

生命のミニマルモデルとしての細胞



部分・全体の間に
明確な亀裂を導入

運動し、計算し、鏡像的表象の形成
を実現するシステム

生命とは何か？

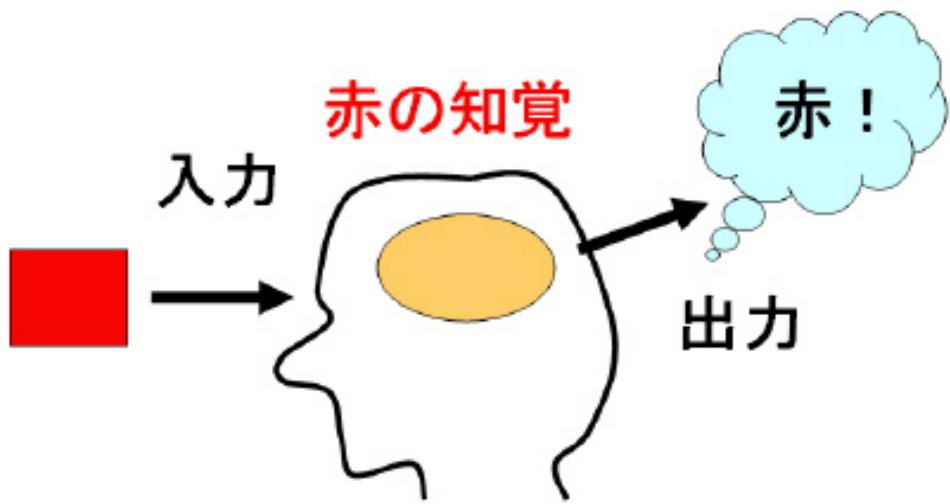
自分で自分をつくるもの
自分・つくる自分

生命とは何か？

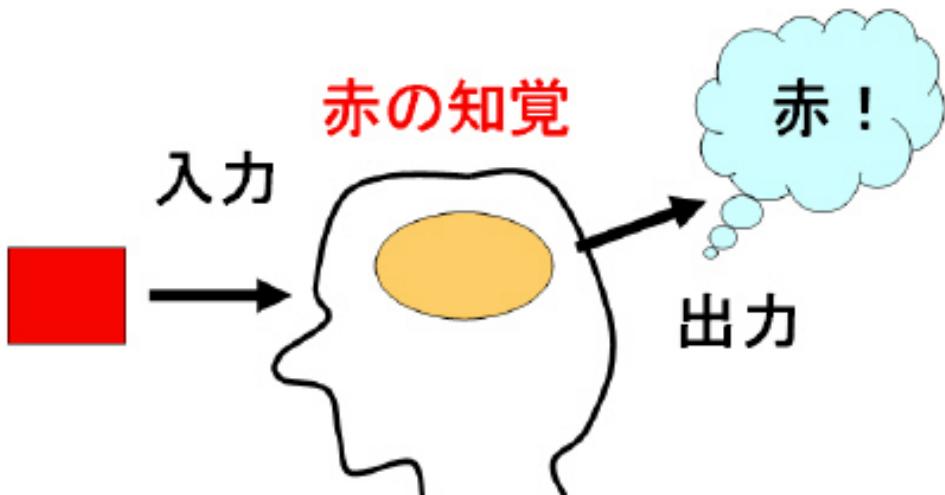
自分で自分をつくるもの
自分・つくる自分

わたしとは何か？（考える主体とは何か？）

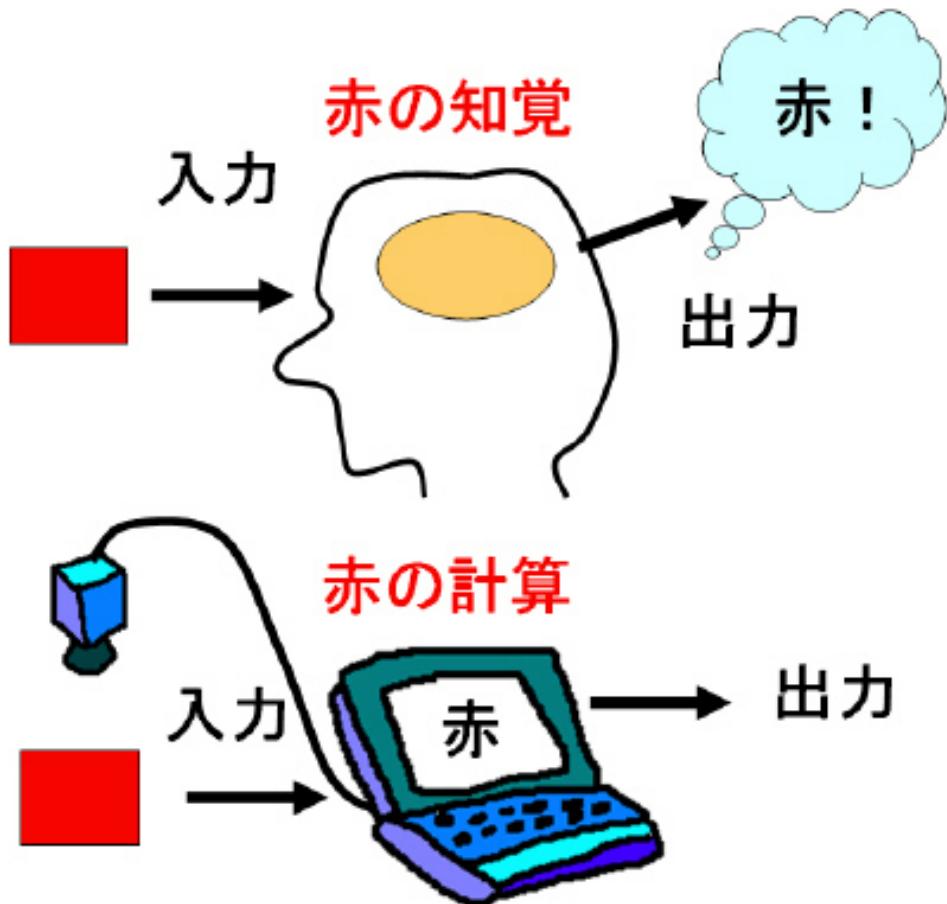
わたしについて考えるわたし
わたし・考えるわたし



「赤の知覚」を
「赤の計算」
として
モデル化
できると
仮定する



「赤の知覚」を
「赤の計算」
として
モデル化
できること
仮定する



赤の計算において赤ではなく
「赤」となるか？

反論！！

計算結果あかは出るけど、
そのあかを
「赤」として知覚するのは誰だ？

計算が知覚なら、
「あか」の知覚のための計算
が必要になる



これじゃ切りがない

第一の反論のまとめ

赤の計算 = (知覚される)赤

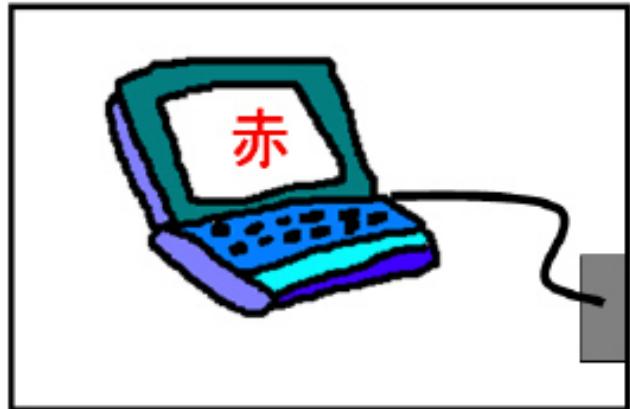


再帰的構造

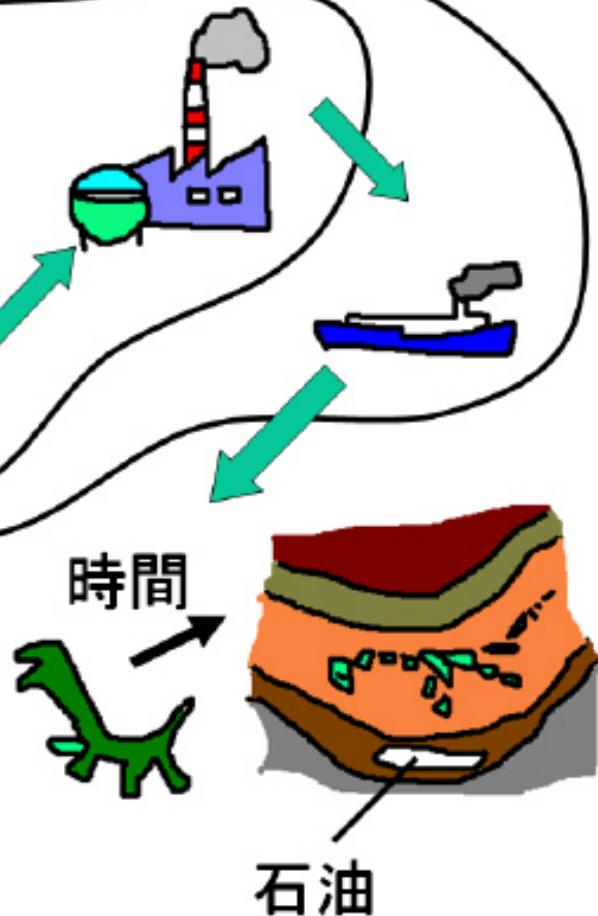
ゆえに、「赤」の意味が決まらない



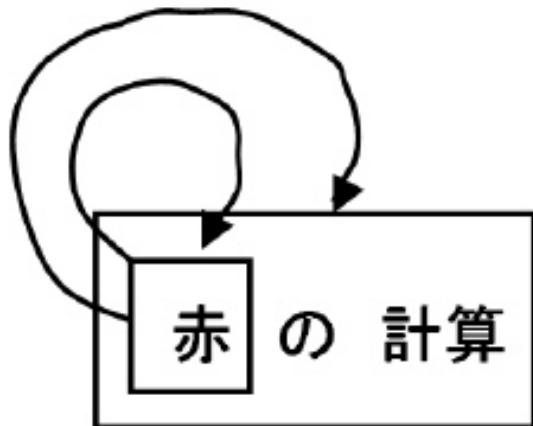
第二の反論を試みてみる



“計算”には電気が必要！
どこまでが計算？きりがない
↓
前提(フレーム)を確定できない
:フレーム問題



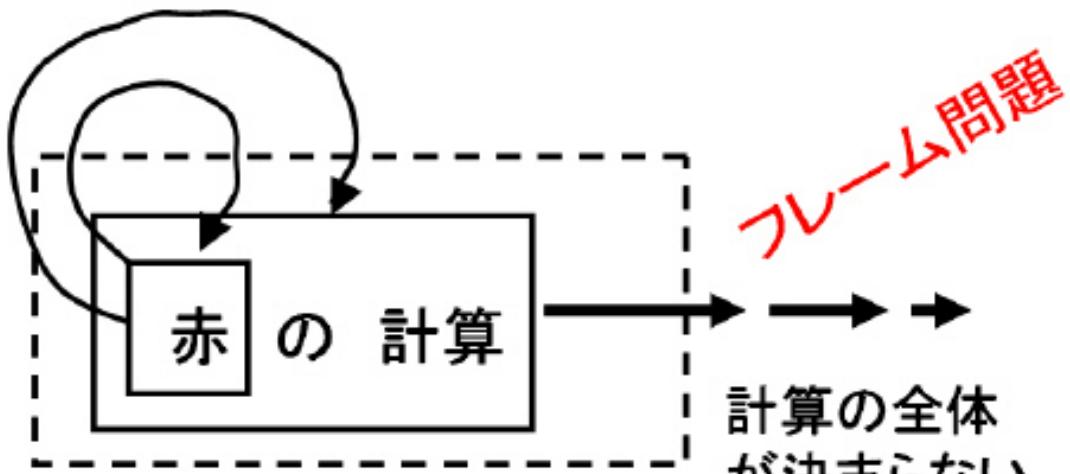
「赤」の
指示の
二重性
から矛盾



自己言及

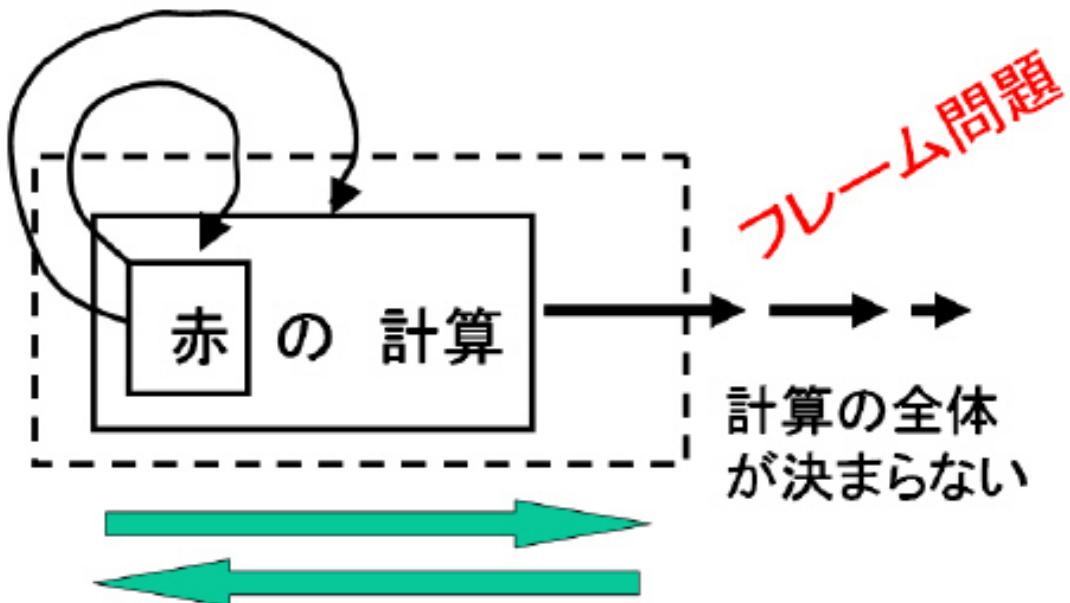
「赤」の
指示の
二重性
から矛盾

自己言及



「赤」の
指示の
二重性
から矛盾

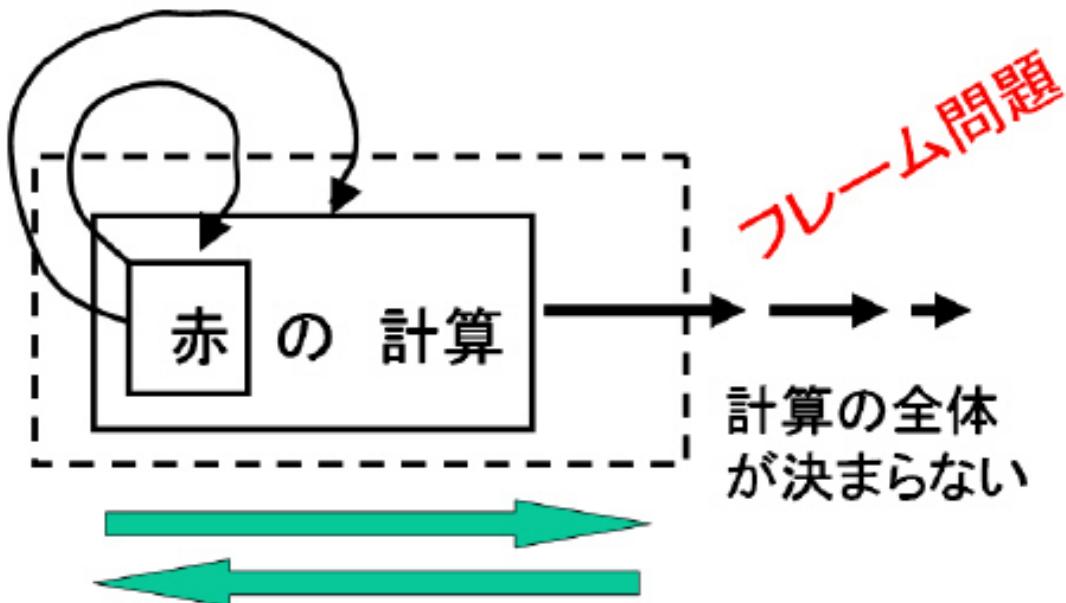
自己言及



第一・第二の反論は
互いの前提を壊してゐる

「赤」の
指示の
二重性
から矛盾

自己言及



第一・第二の反論は
互いの前提を壊してゐる

自己言及とフレーム問題のカップリング

「赤の計算」
は指示可能
(前提)

第一の反論

「決める人＝人」
と考えると矛盾！

計算の無限定さ

第二の反論

計算の全体
を決める人
がいたら
(前提)
穴が出現

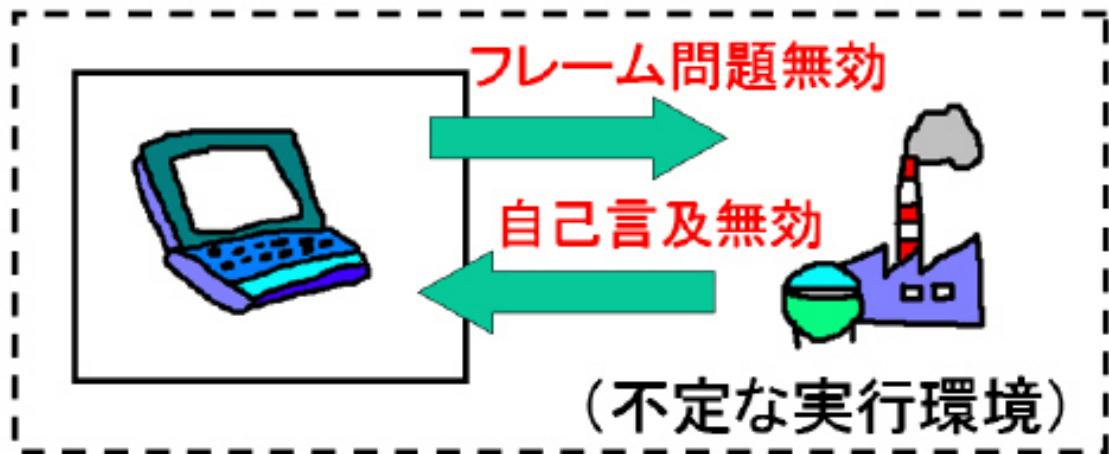


↓
自己言及



↓
フレーム問題

別々に考えると
各々、「赤の知覚」
モデルの不可能性を帰結



両方一緒に考えると、
どちらも問題に
ならない計算が可能！？

自己言及とフレーム問題のカップリング

「自己をつくる自己」としての生命モデルへ

① 自己言及的構造

自己 = つくる自己

完結しない・矛盾が紛れ込むことで成立



外部ゆらぎによって成立する運動する空間

② フレーム問題の接続

自己言及の前提が成立していないことの
指摘



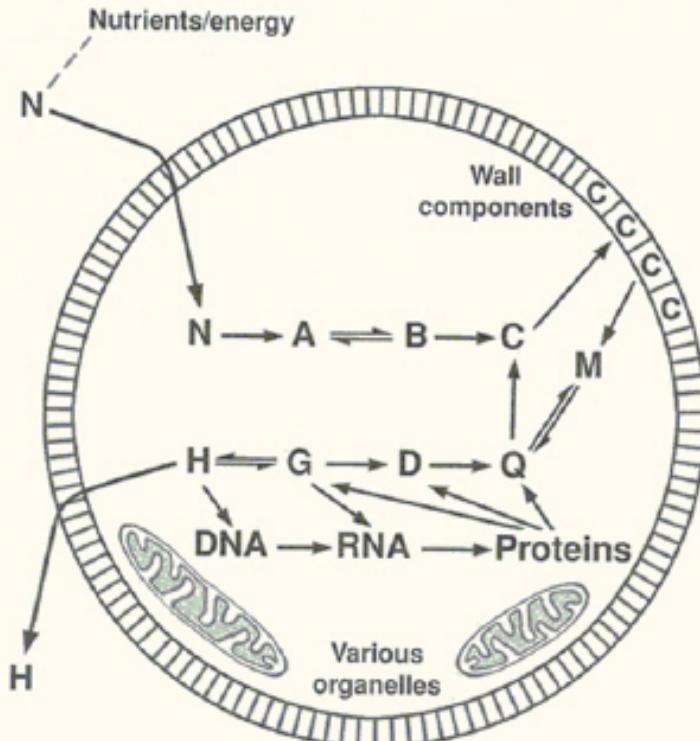
外部ゆらぎの伝播が不完全

③ 自己言及とフレーム問題のカップリング

外部ゆらぎの不完全なとりこみ

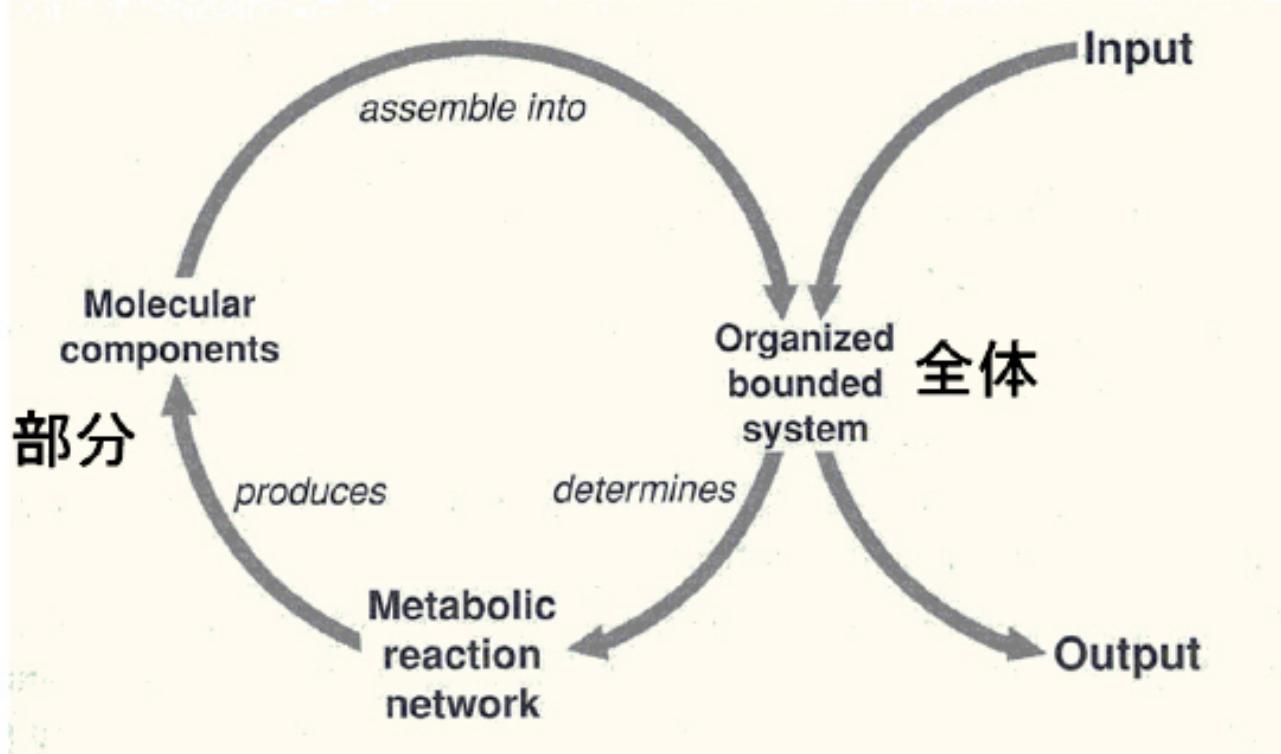


壊れるぎりぎりで運動し続ける



Luisi, L.P. 2007 The Emergence of Life, Cambridge Univ. Press

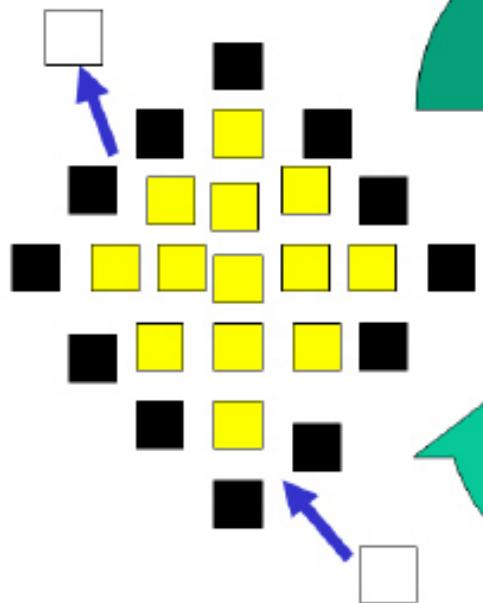
オートポイエシス



部分の総和

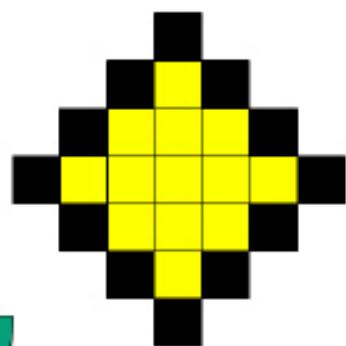
全体性

「空」 → 空



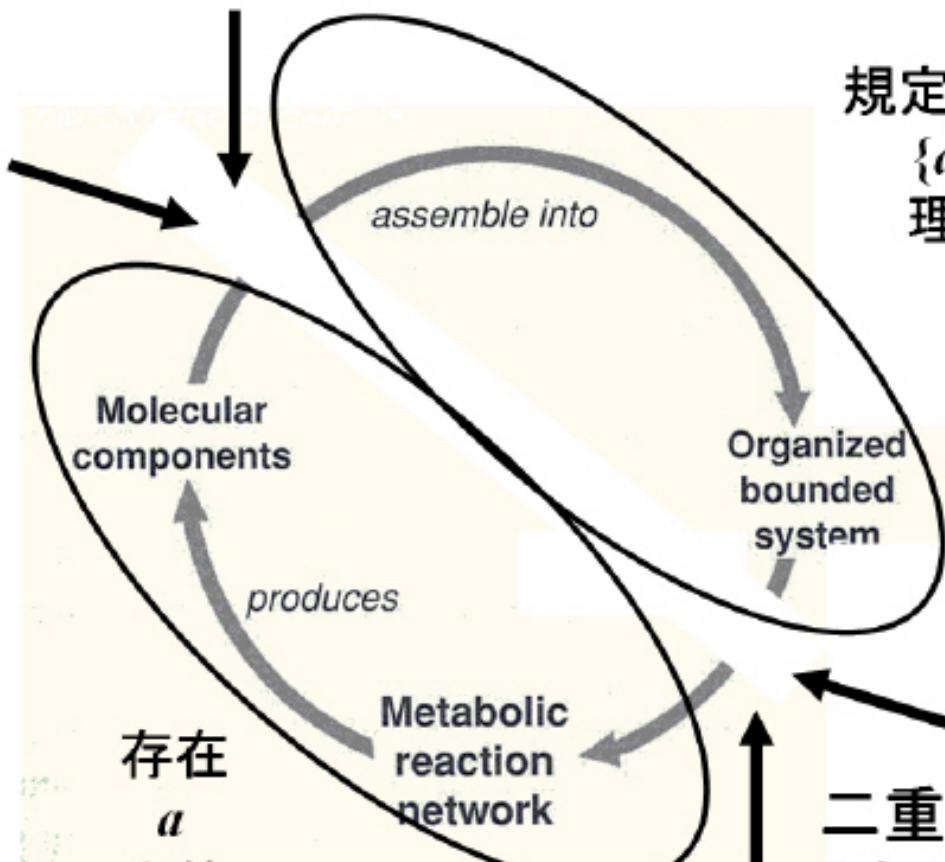
空 → 「空」

外部



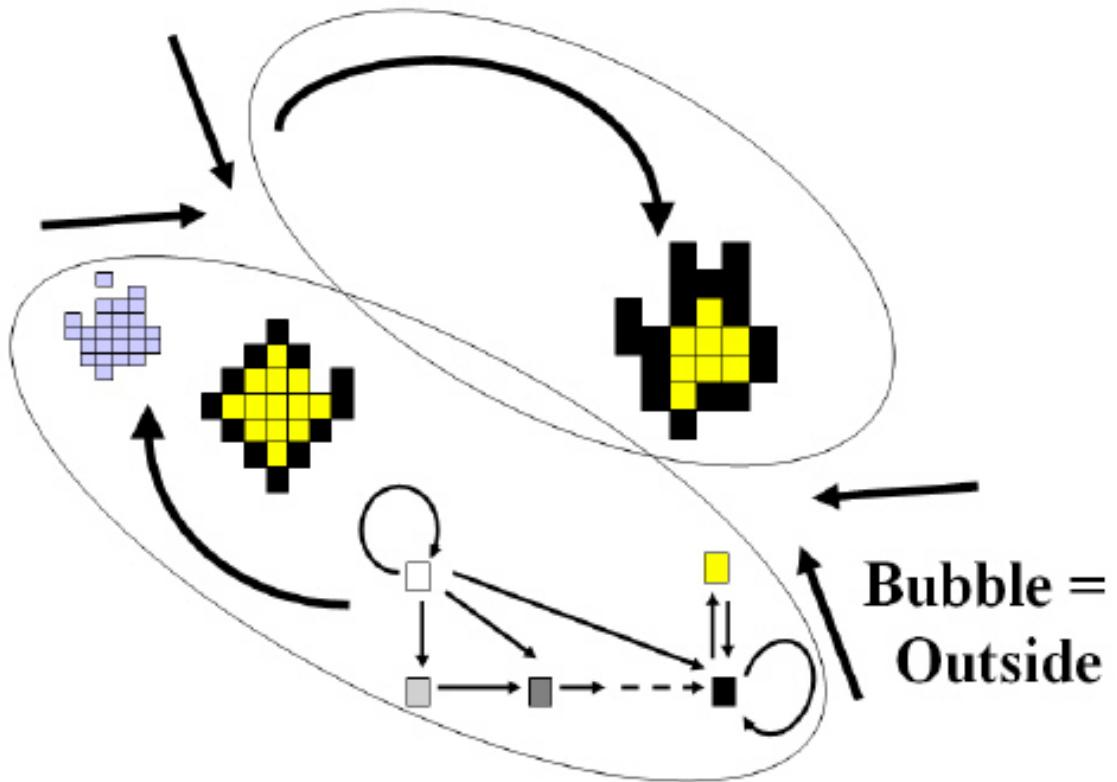
空

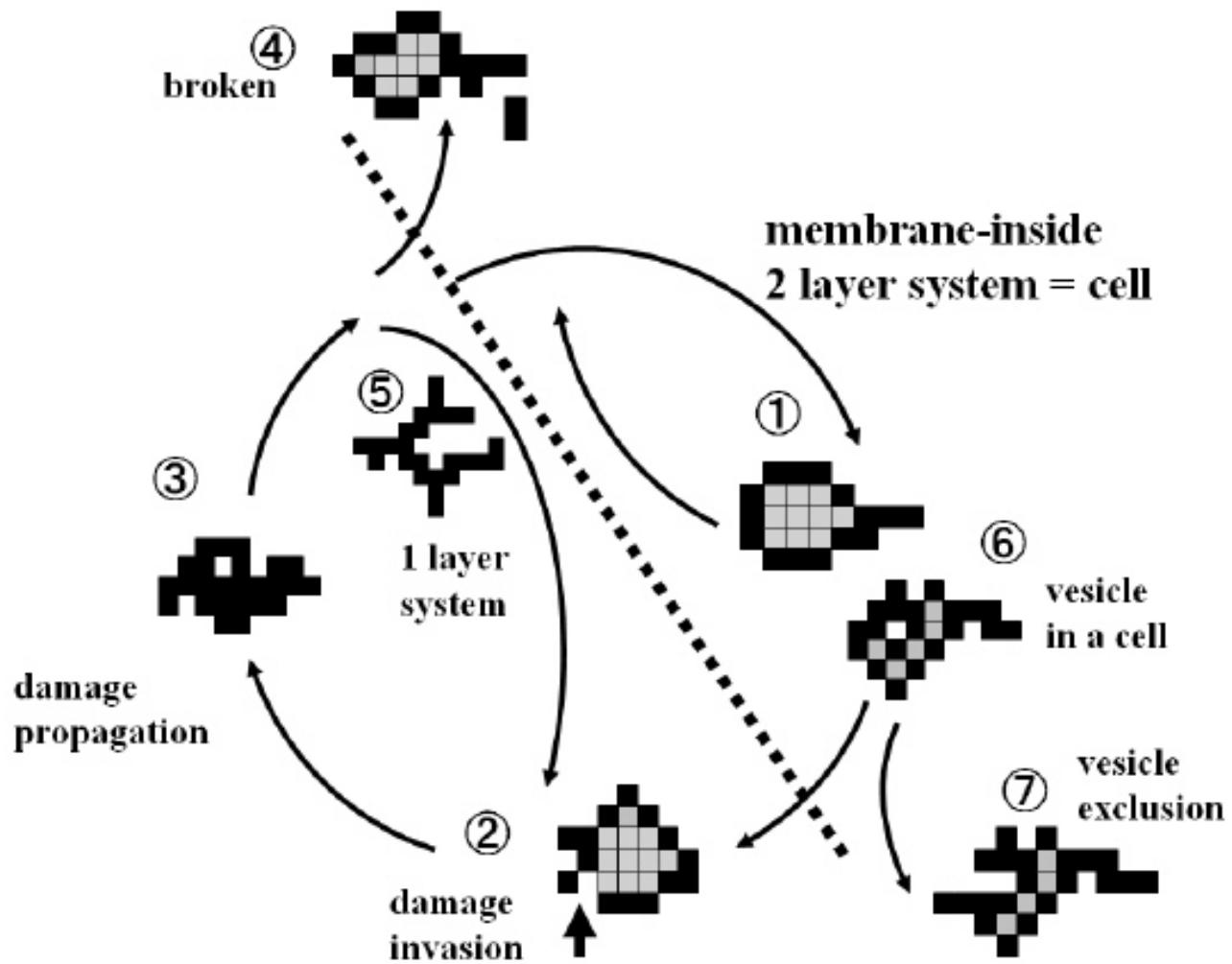
規定作用
{a}
理念



存在
a
肉体

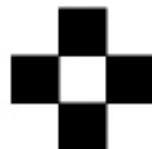
二重の損傷
(泡+通過履歴)





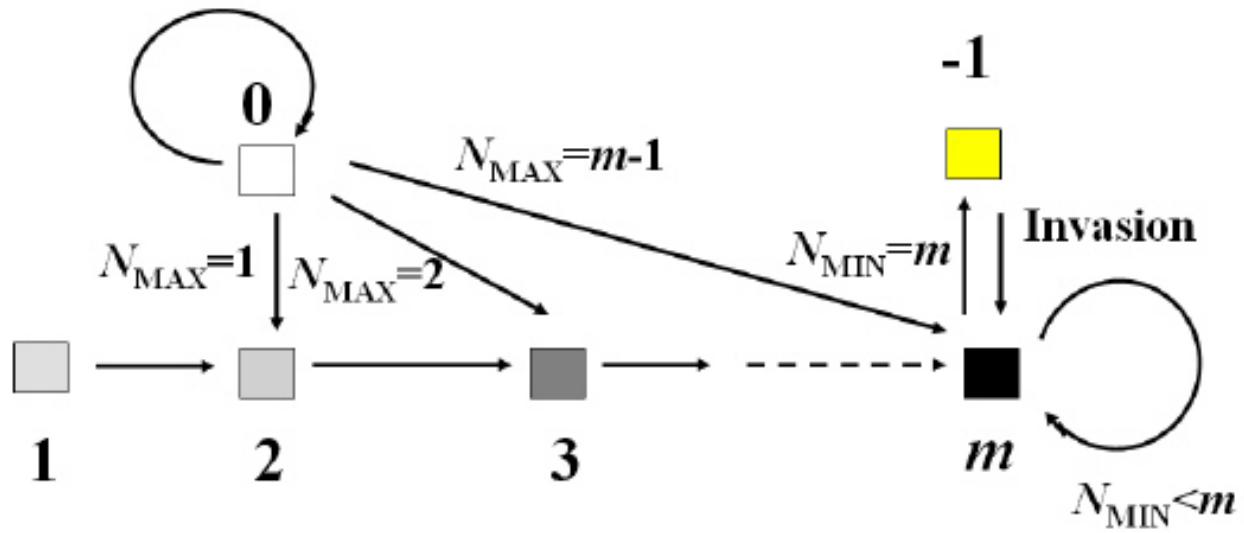
(1) Growth stage + (2) Foraging stage

(1) Growth stage



Neighborhood

$$N_{\text{MAX}}=0$$



「自己をつくる自己」としての生命モデルへ

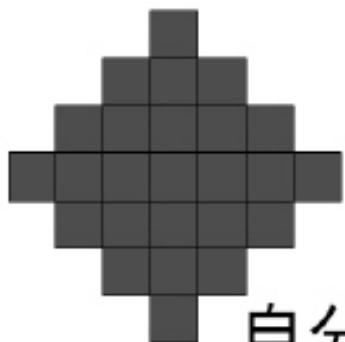
① 自己言及的構造

自己 = つくる自己

完結しない・矛盾が紛れ込むことで成立



外部ゆらぎによって成立する運動する空間

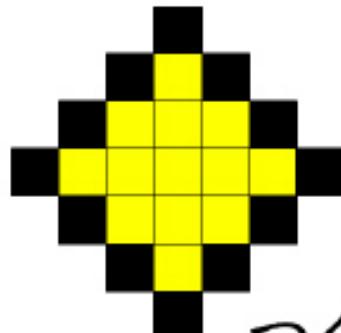


自分

つくる

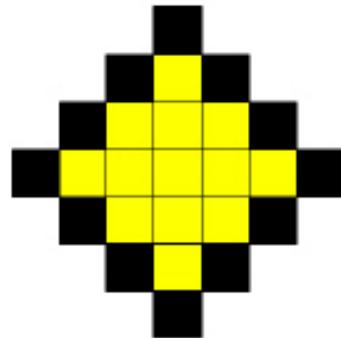


周りが黒
なら黄



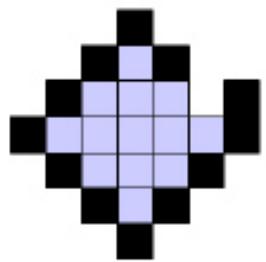
つくる(自分)

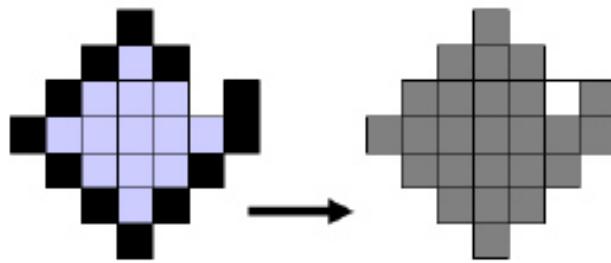
つくる

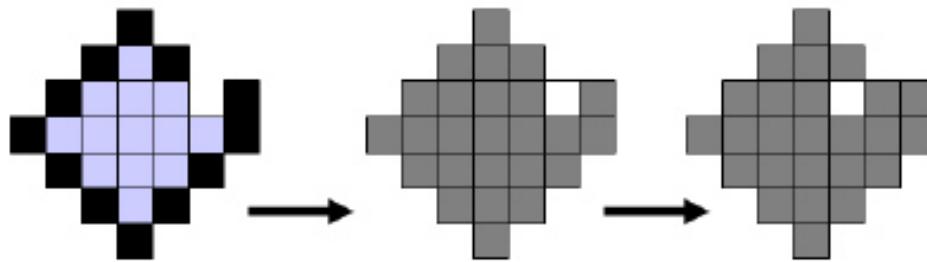


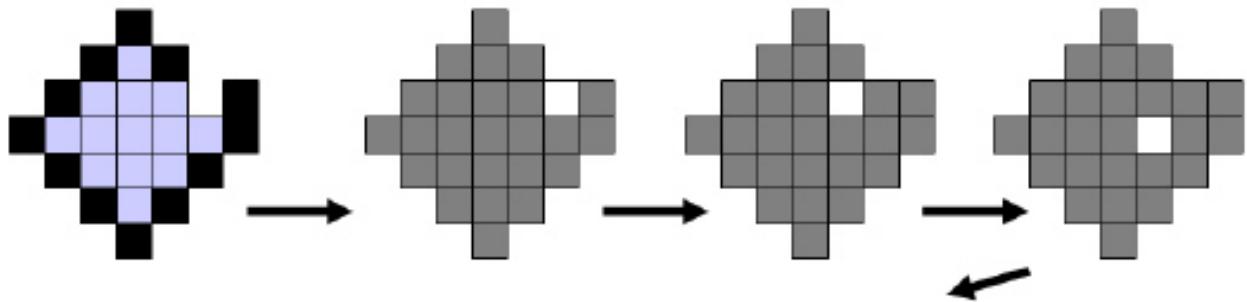
つくる(自分) = 自分

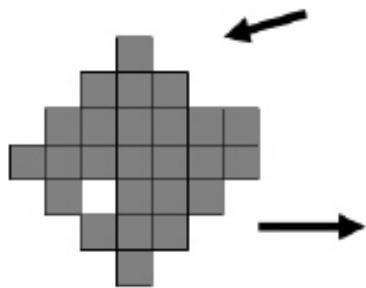
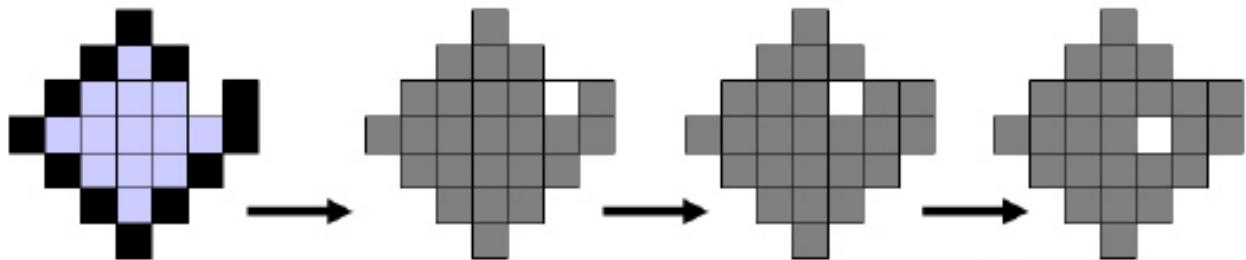
(結晶)

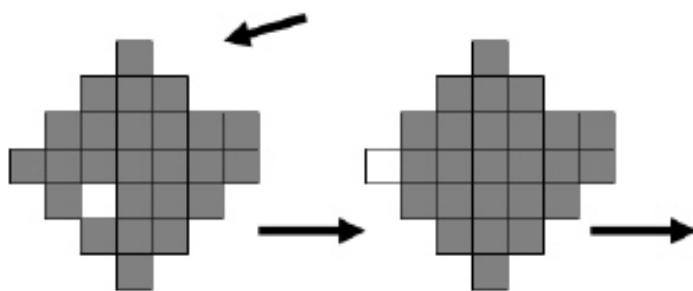
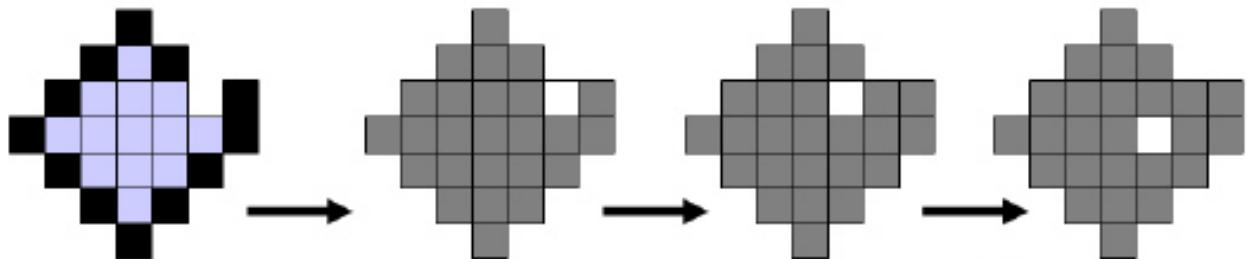


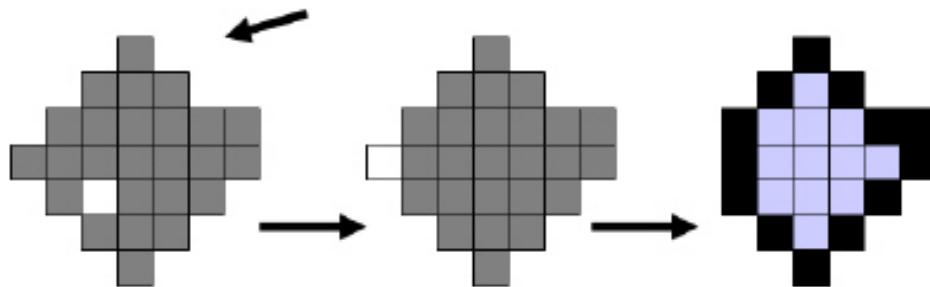
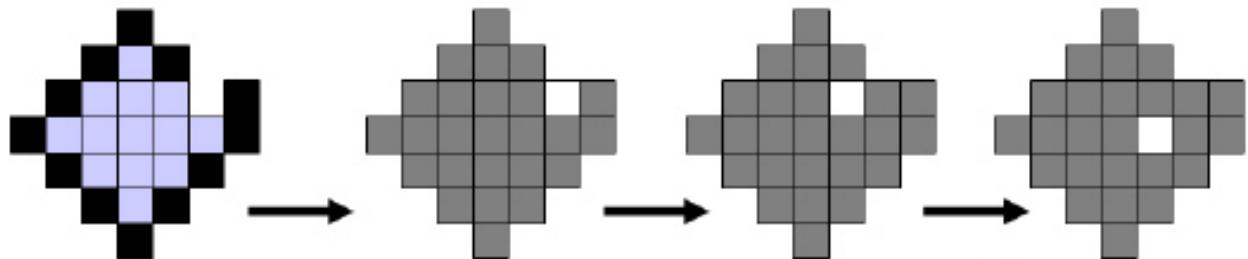


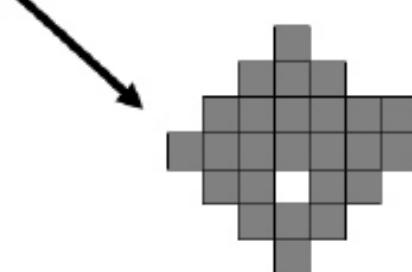
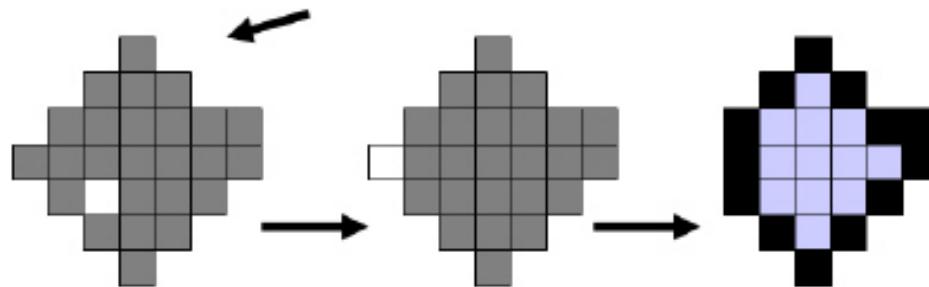
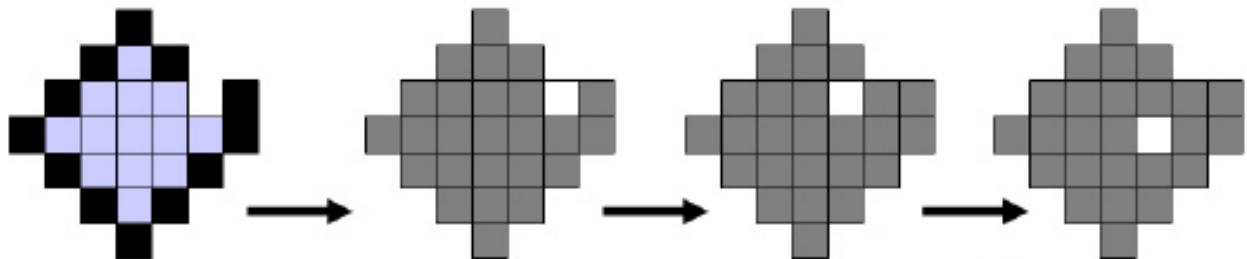


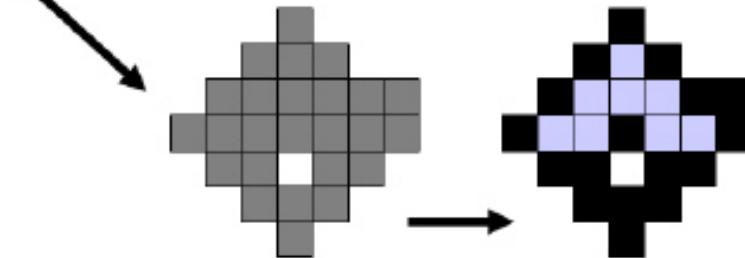
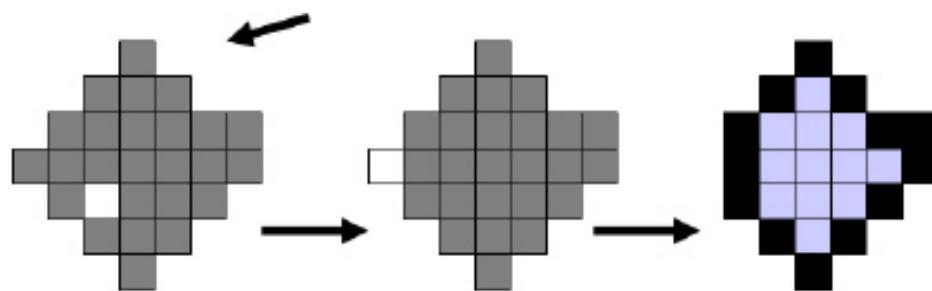
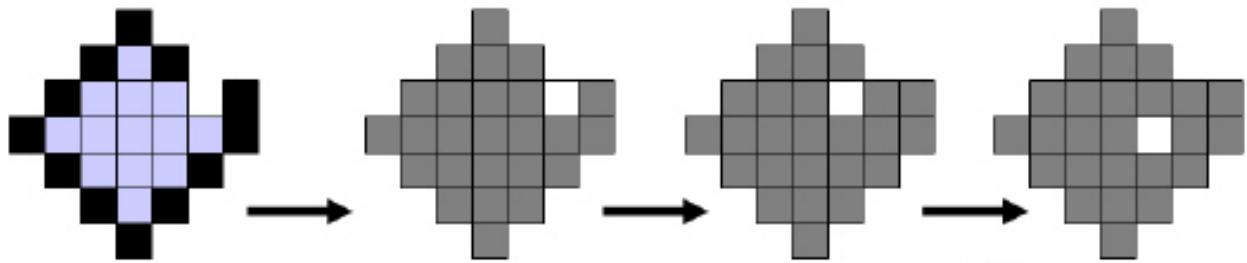


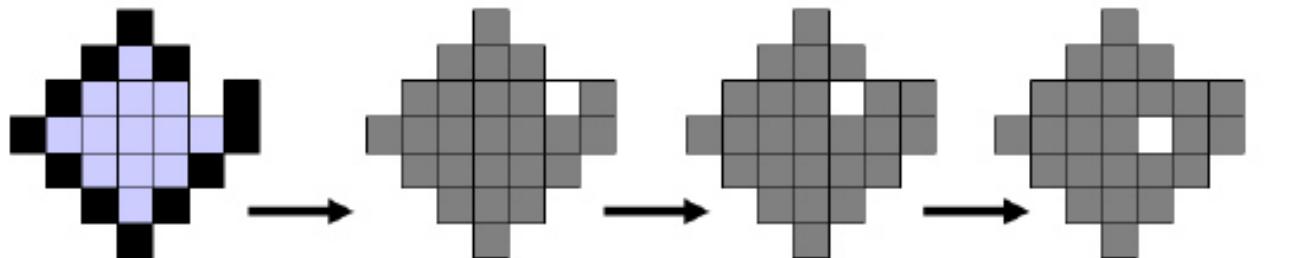




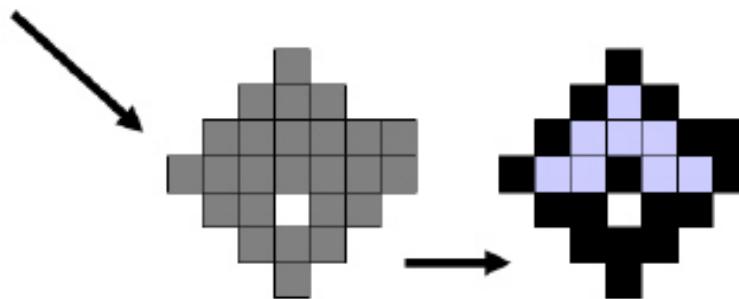
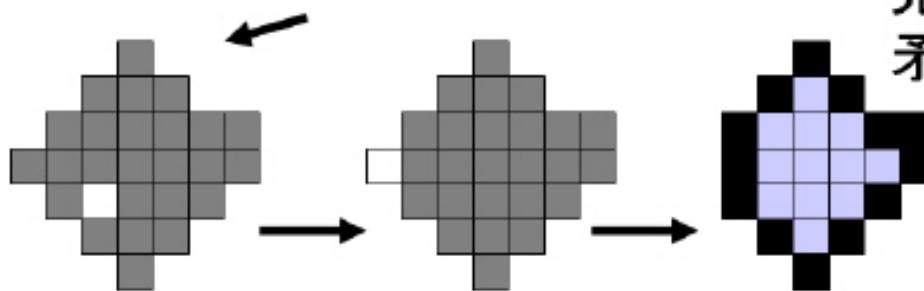


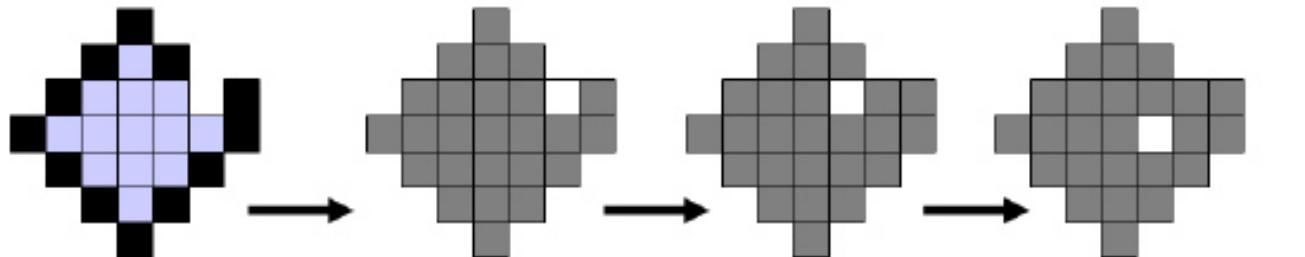




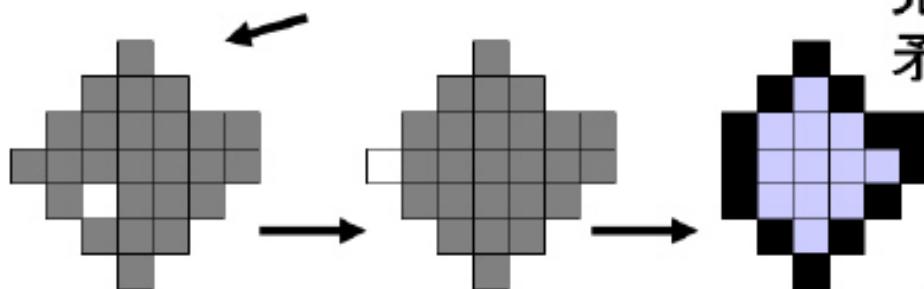


完結しない
矛盾が紛れ込む

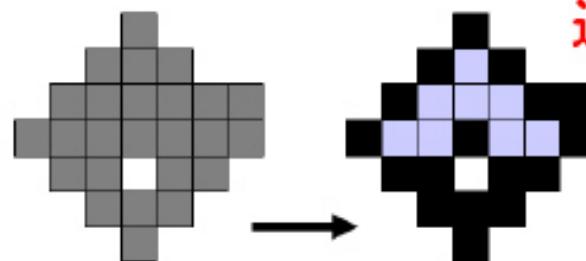


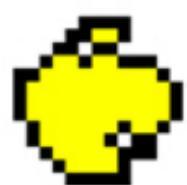
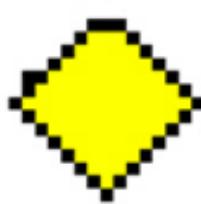
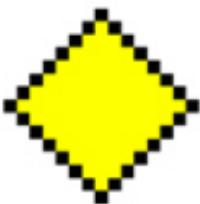


完結しない
矛盾が紛れ込む



「外部」が体を
通過する





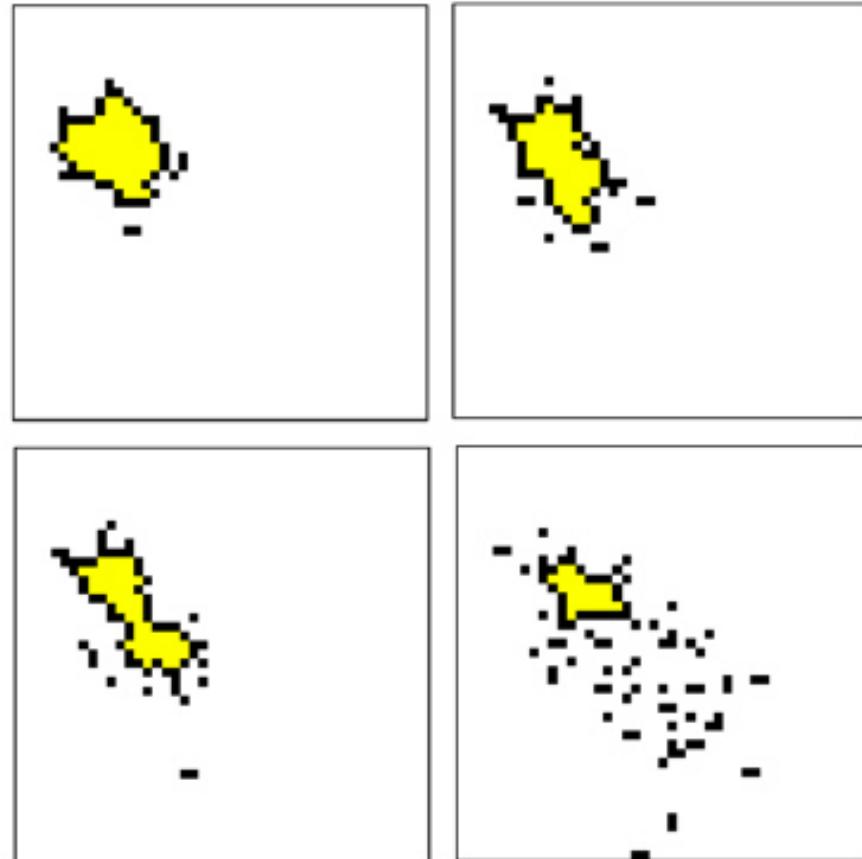
0排除ができなかったとき、液胞(境界つき外部)が
セル内にたまる



CELL



SP is randomly chosen
from right and lower
boundary sites



membrane-1-test3.c



② フレーム問題の接続

自己言及の前提が成立していないことの
指摘



外部の伝播が不完全

Proto-CELL (Oval shape +Destruction)

Damaged Damage →



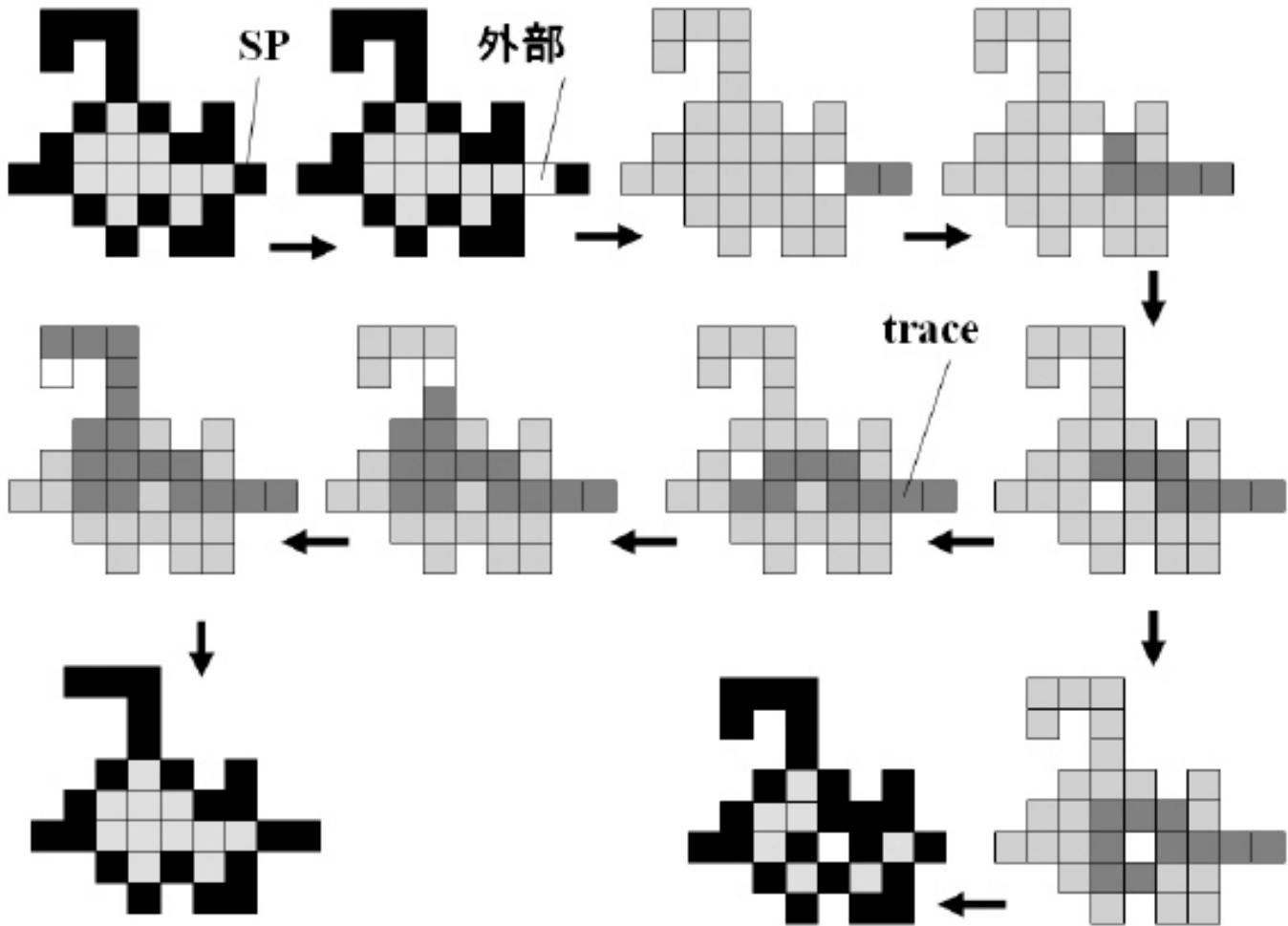
CELL (Diversity of shape and motion)

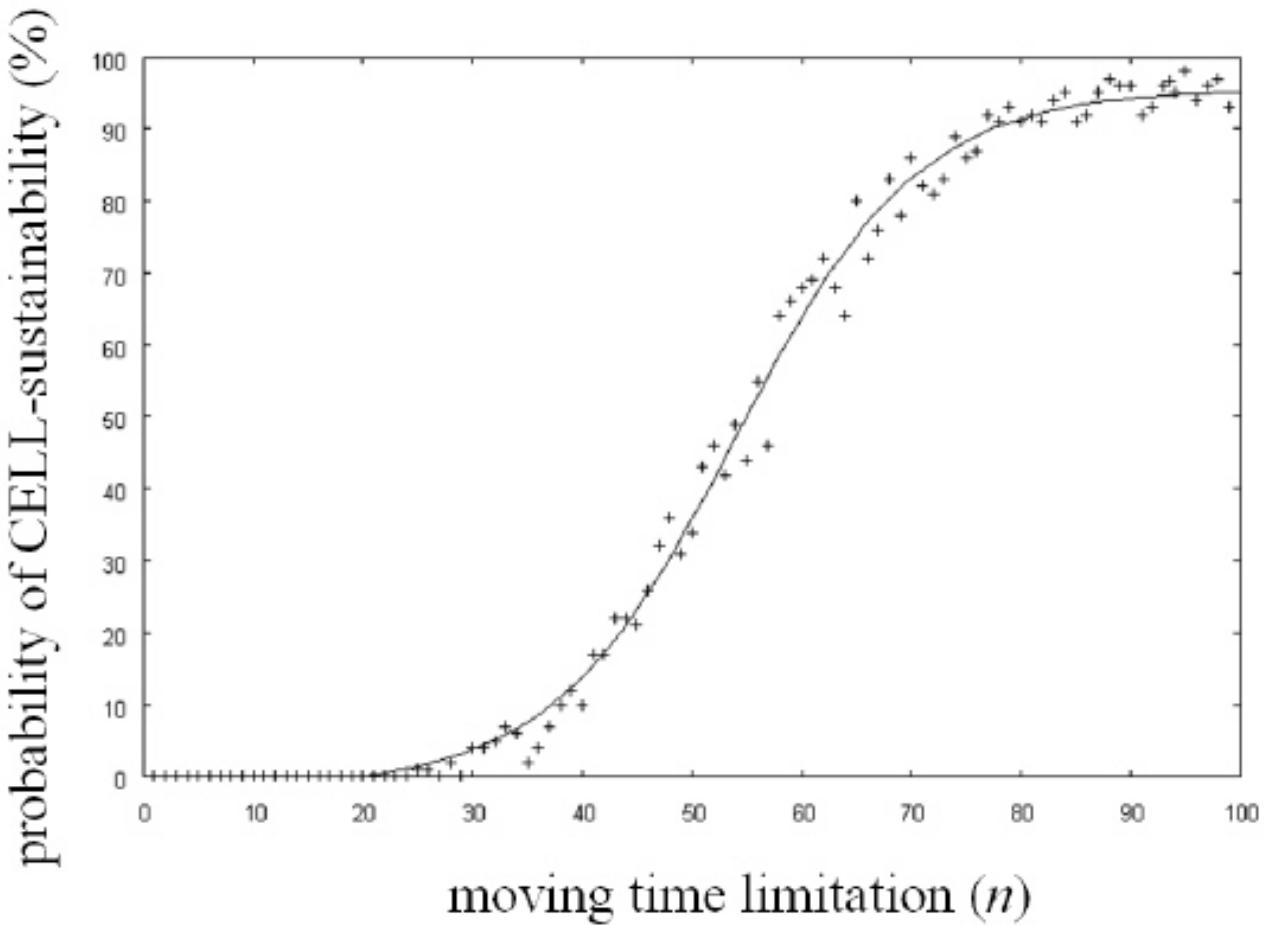
③ 自己言及とフレーム問題のカップリング

外部ゆらぎの不完全なとりこみ



壊れるぎりぎりで運動し続ける





Damaged Damage

Damaged Damage



Easy to deposit bubble

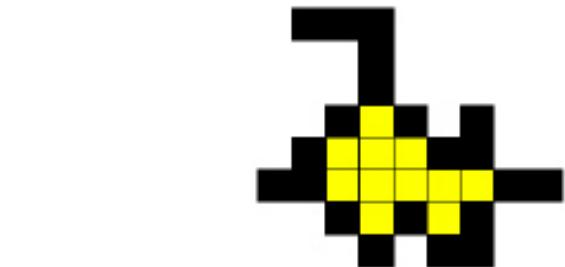
**Dendritic structure
(close to destruction)**

Damaged Damage



Easy to deposit bubble

**Dendritic structure
(close to destruction)**



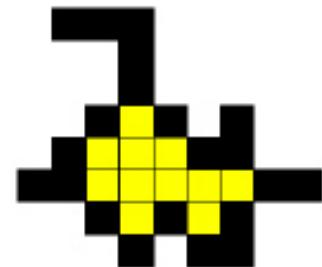
Branch is always shrunk

Damaged Damage



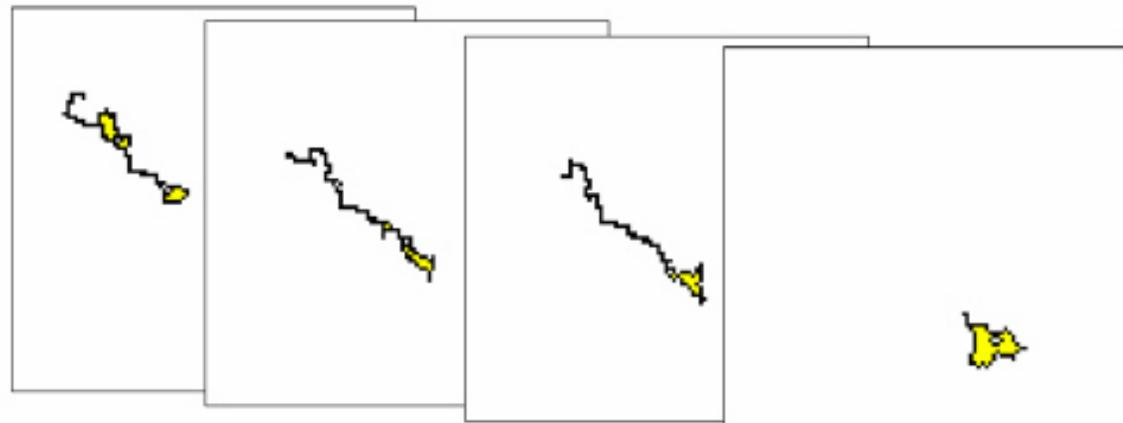
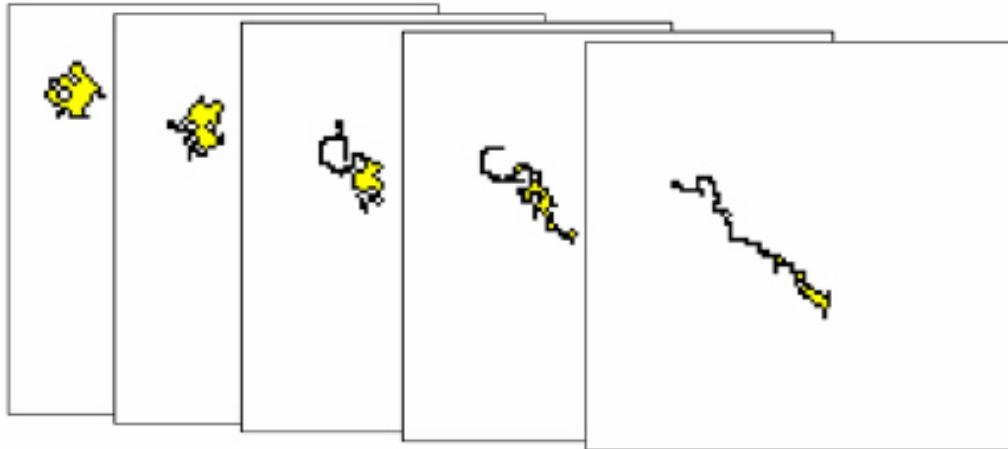
Easy to deposit bubble

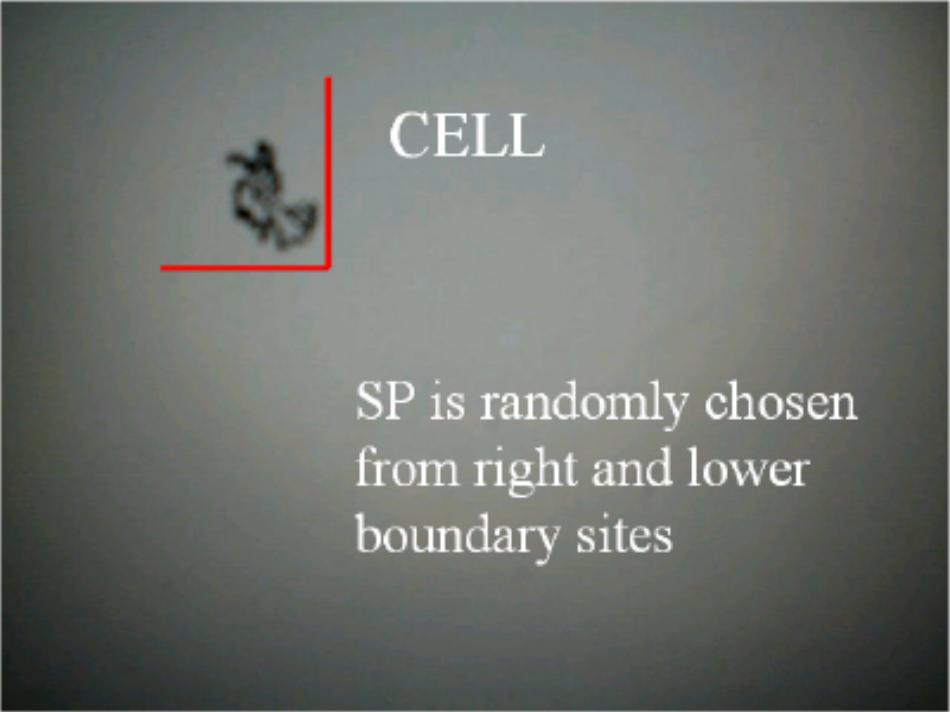
**Dendritic structure
(close to destruction)**



Branch is always shrunk

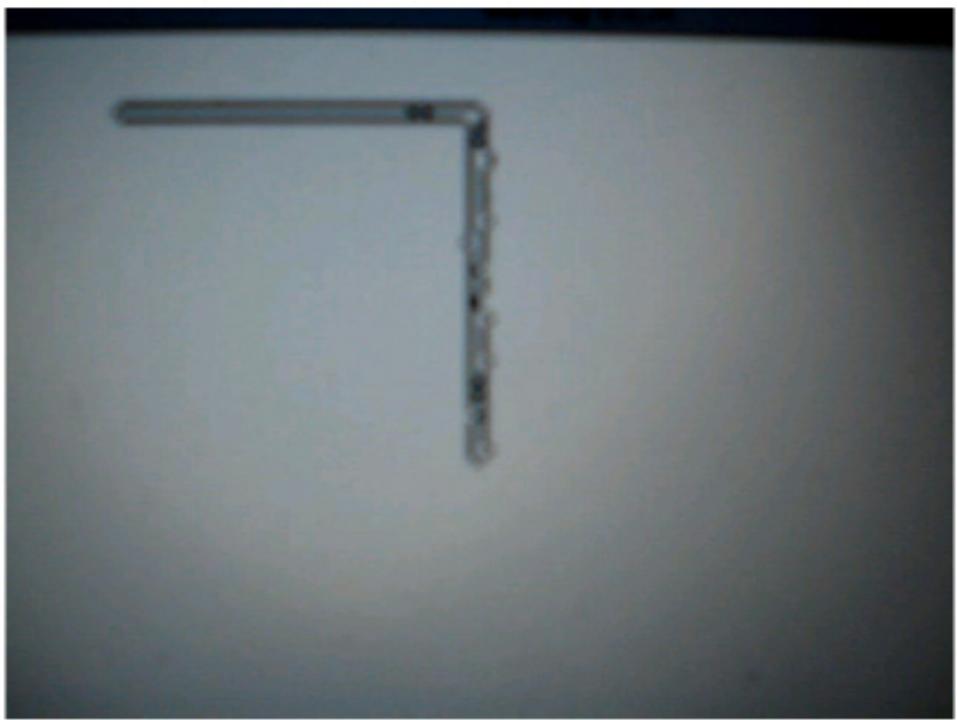
Diversity with respect to shape and motion

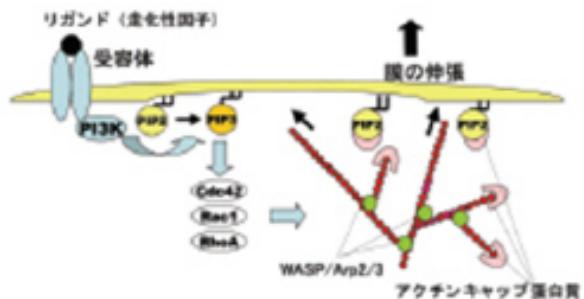




CELL

SP is randomly chosen
from right and lower
boundary sites

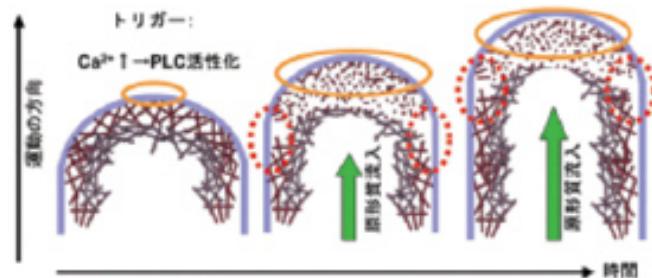




- 1) 受容体刺激にリンクしたPI3Kの活性化
- 2) Rhoファミリーラインタンパク質の活性化
- 3) WASP/Arp2/3の活性化
- 4) キャップタンパク質の局所的な不活性化
- 5) 細胞膜下におけるアクチン重合

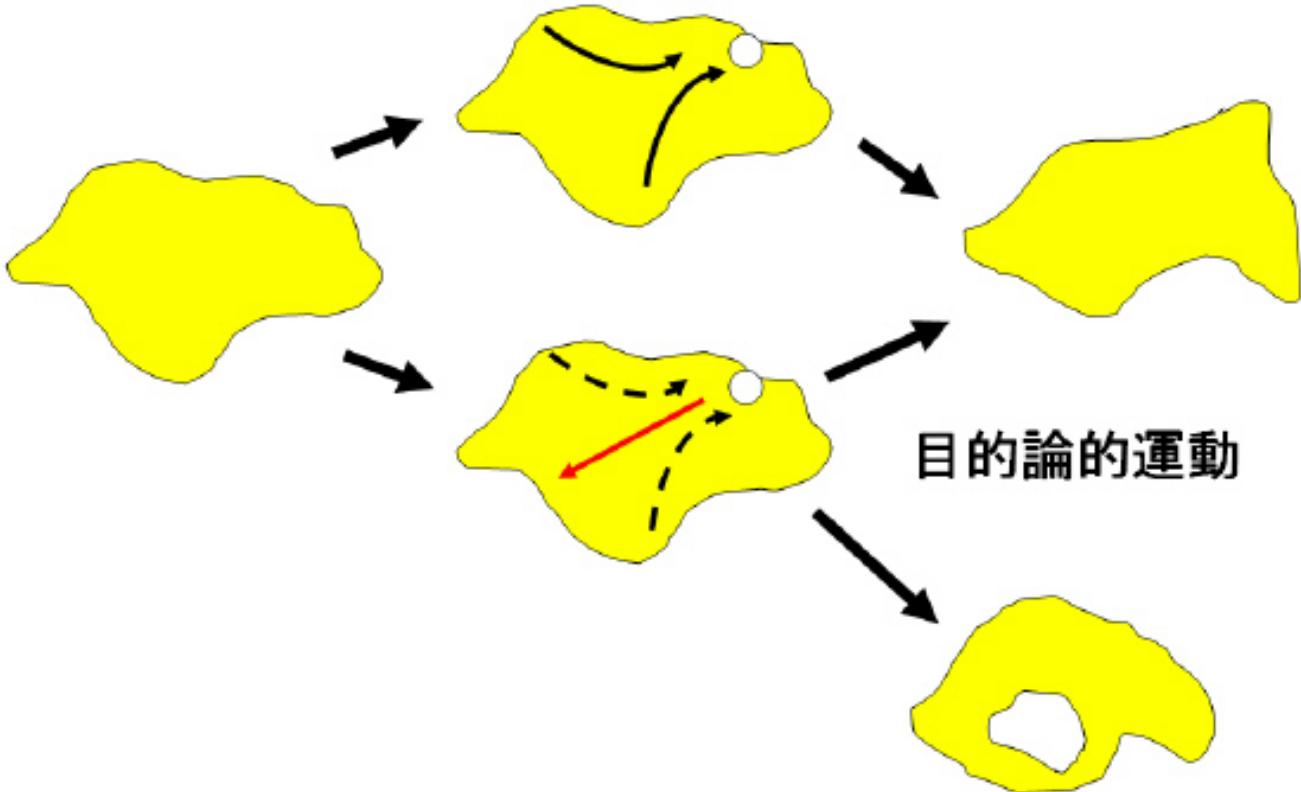
○ Ca^{2+} 上昇→PIP2加水分解とアクチン繊維切断→原形質流入→膜融合

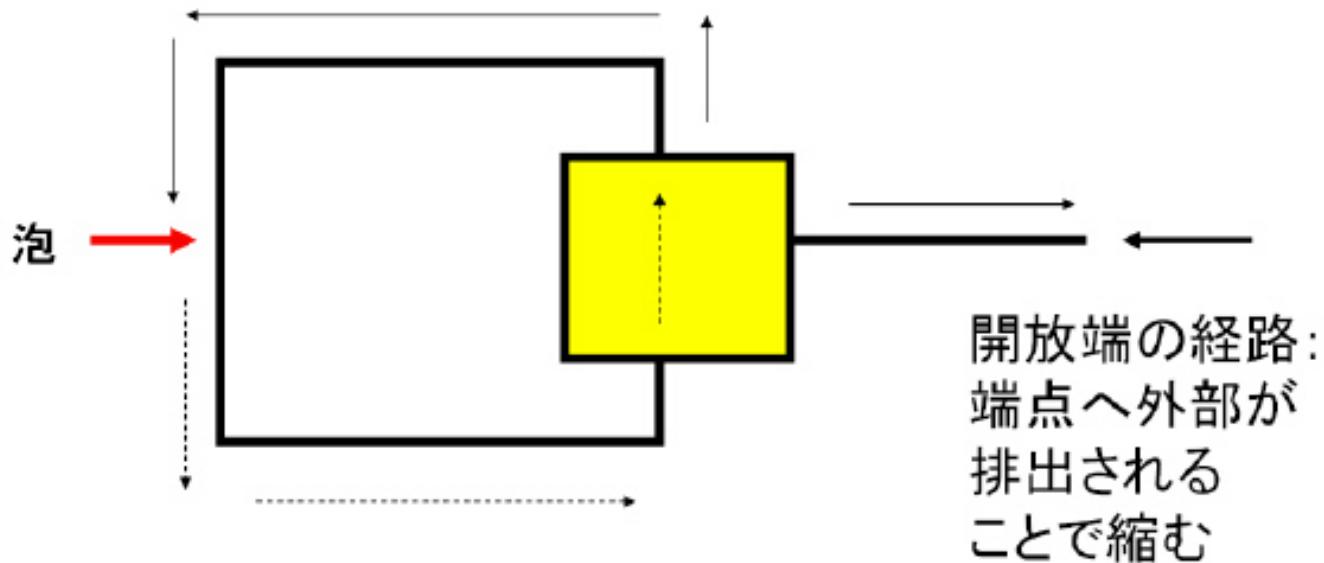
○ PIP2合成とアクチン重合→プラズマゲルシートの形成



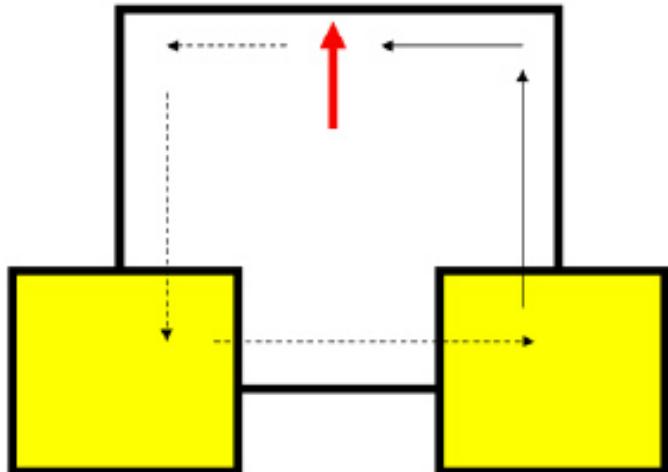
八木沢2006

膜構造を支える下部構造(アクチン繊維)破壊
 ↓
 原形質流入
 +
 原形質流入を補助するアクチン重合



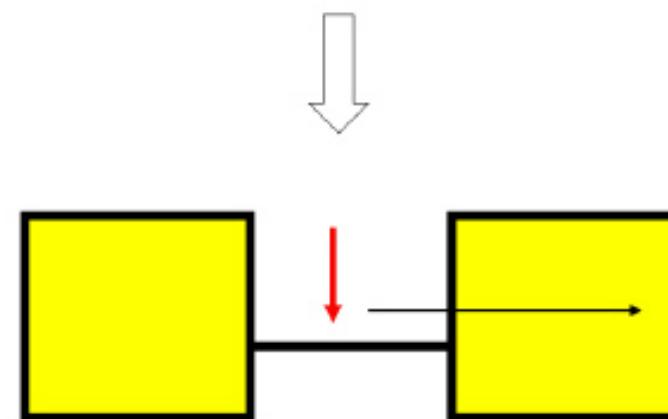


ループ：途中から損傷受けやすい
流れることで壊れる

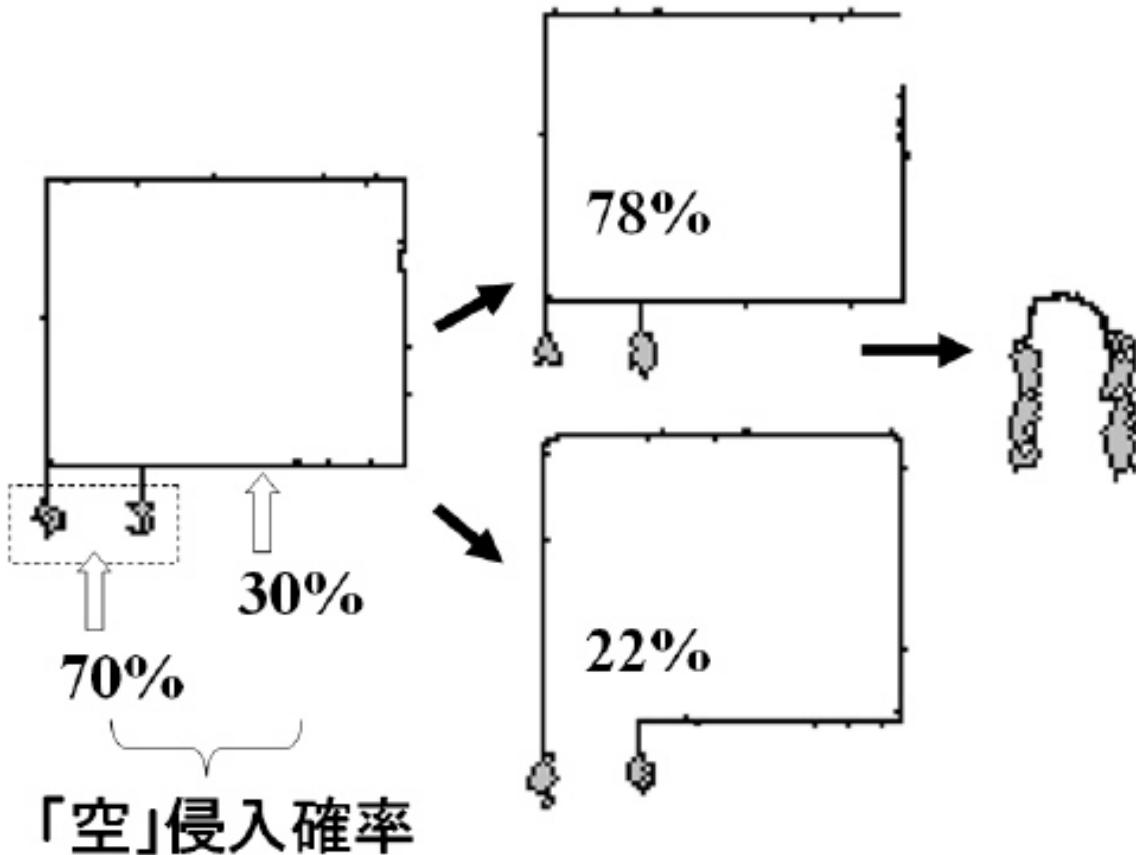


長い方が、途中からの輸送
=損傷
を受けやすい

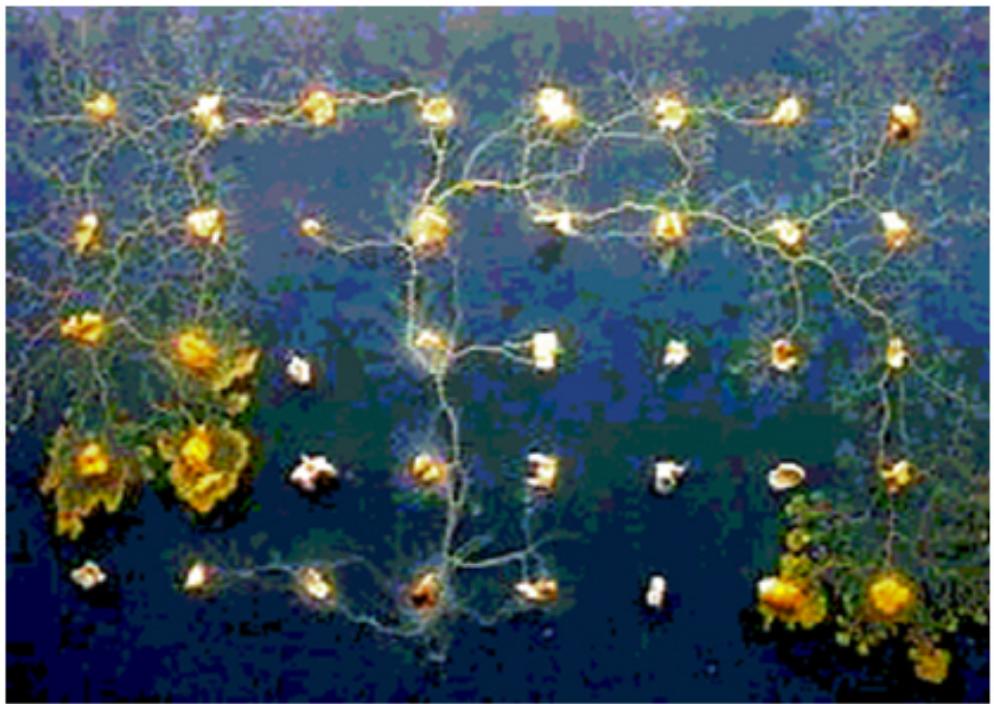
ループとして流れると
切れる

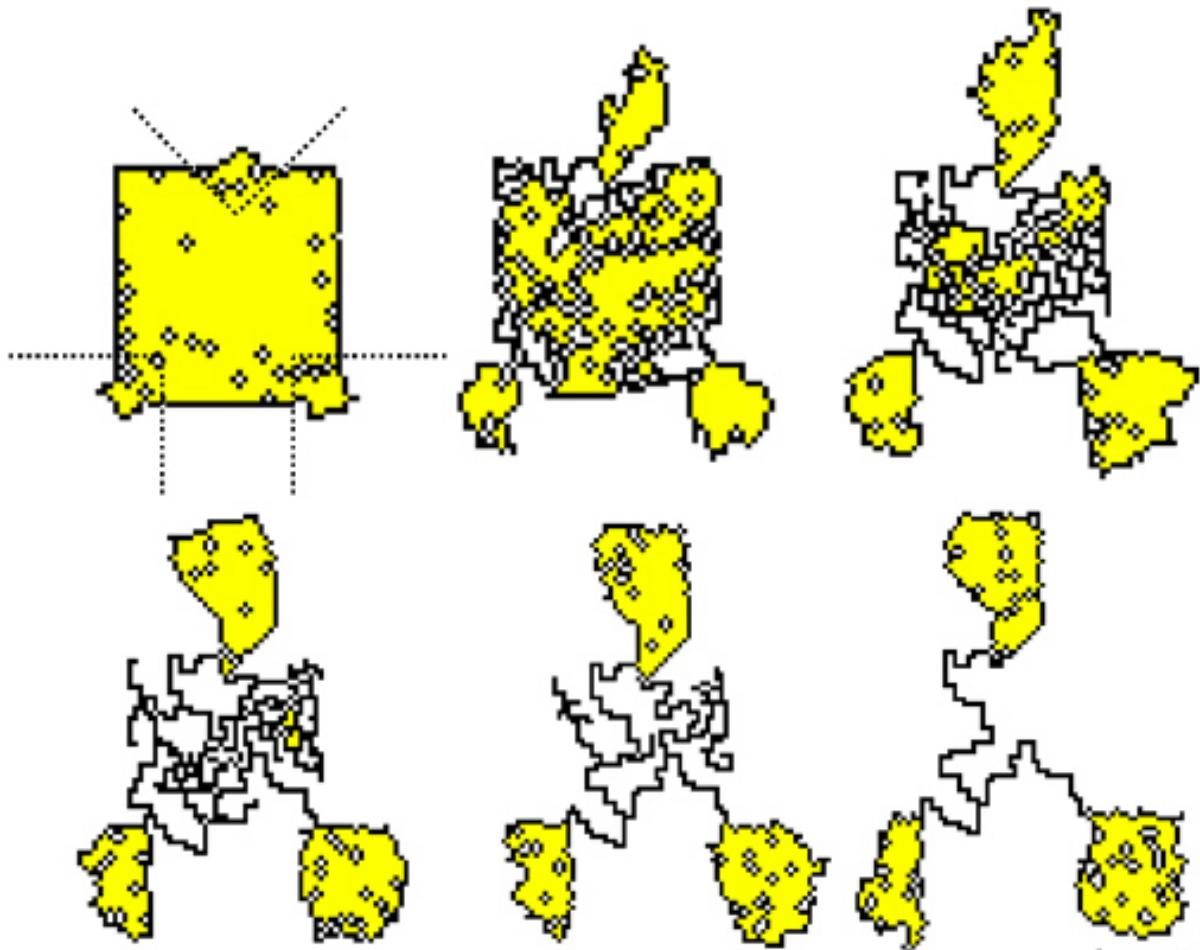


一本の経路は逆流しない
ので、ほとんど切れない
(部屋から来て止まると切れる)





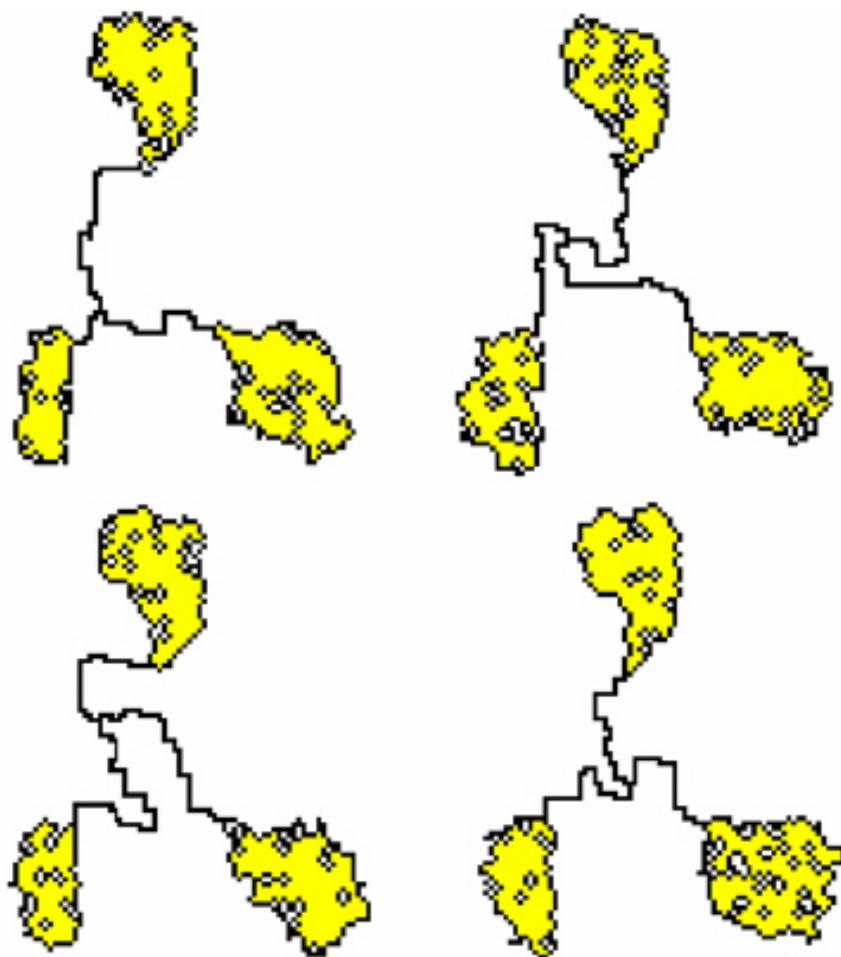




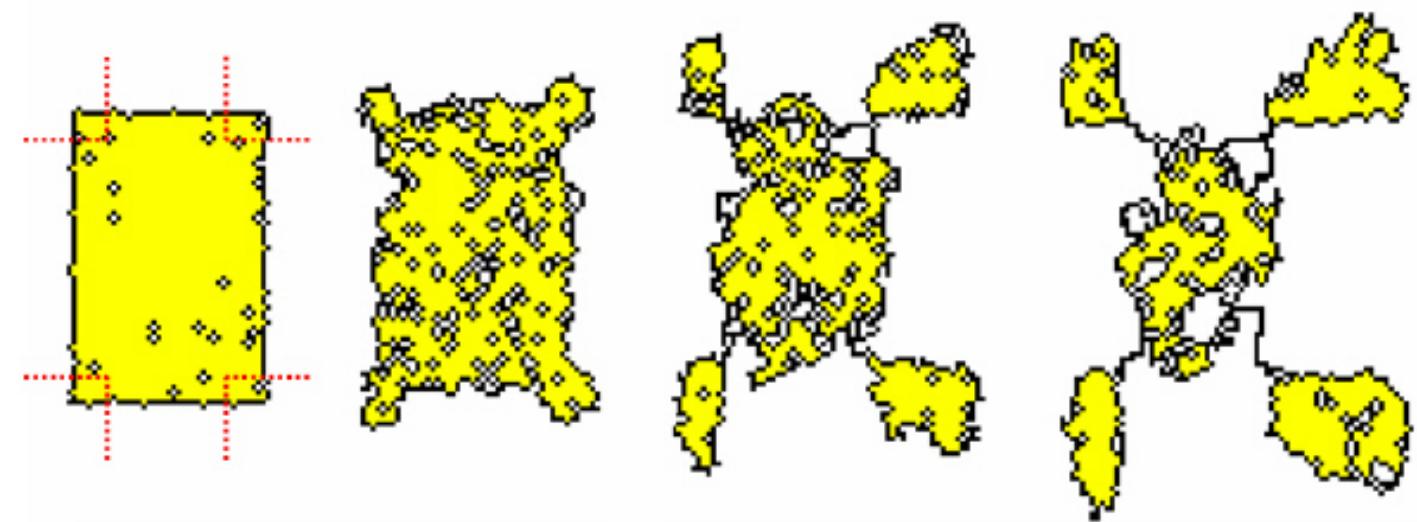
membrane-2-test3.c

membrane-2-test3.c

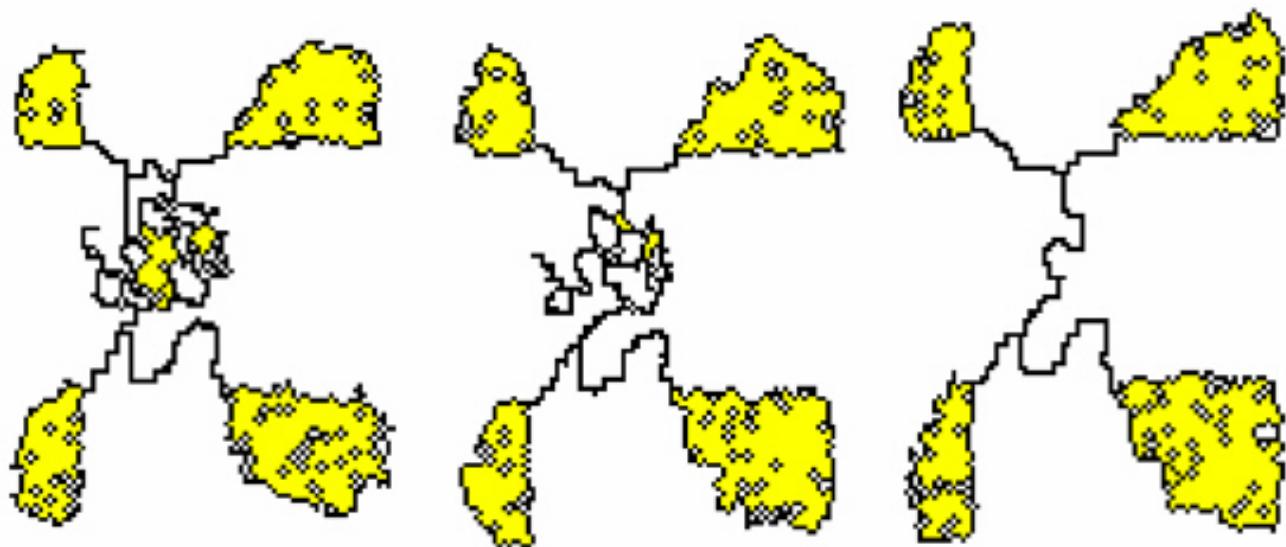




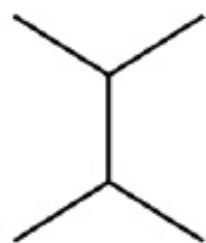
membrane-2-test3.c
kmax=30

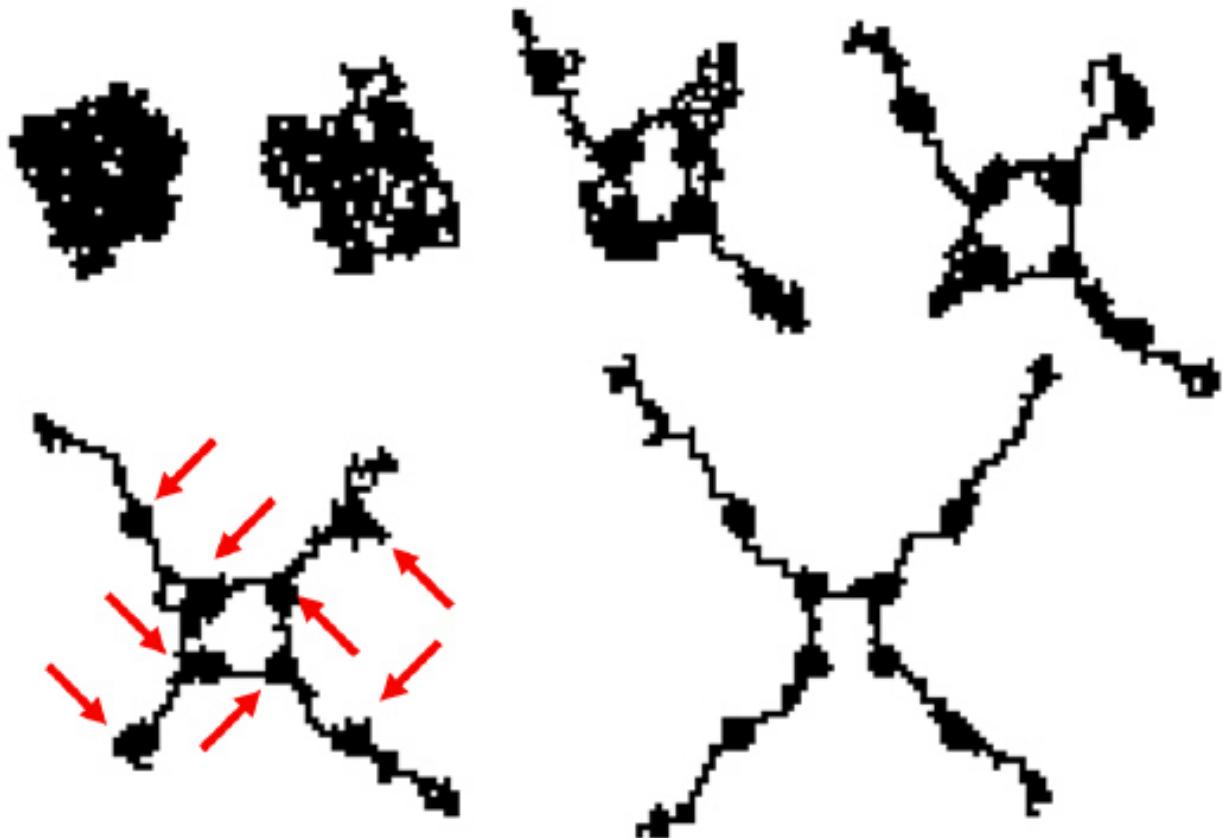


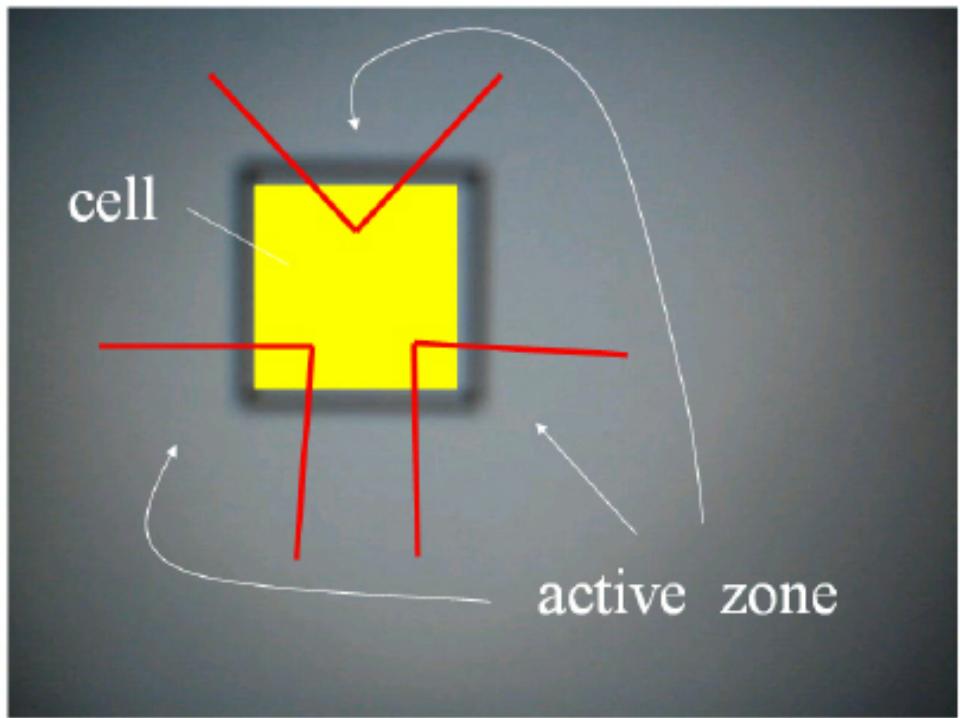
membrane-2-test4.c

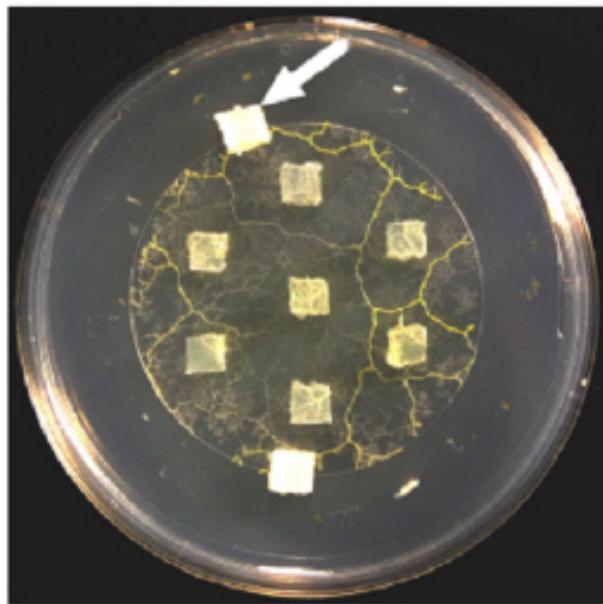
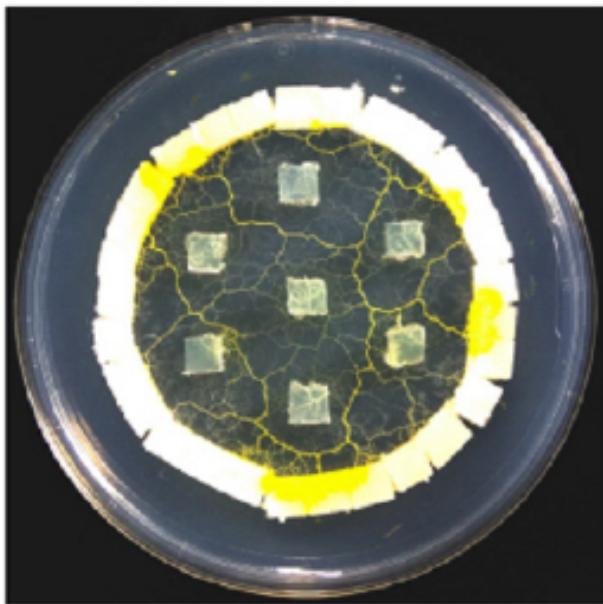


membrane-2-test4.c

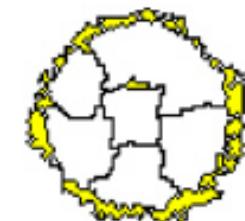
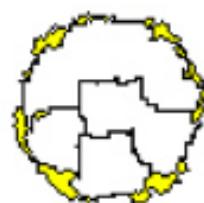
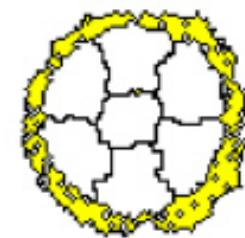
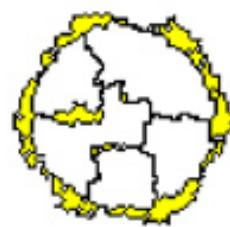
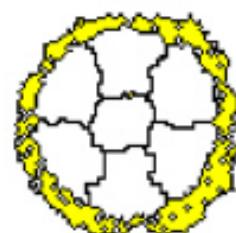
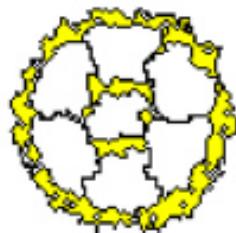
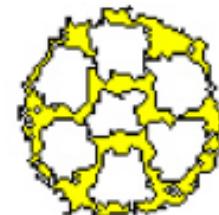


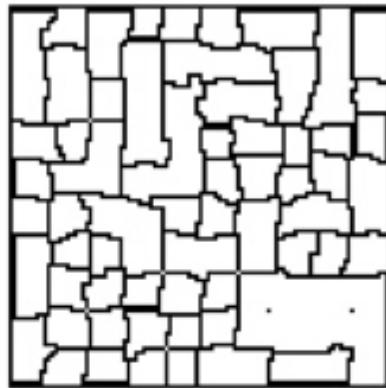
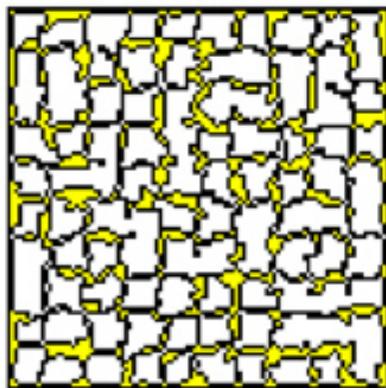
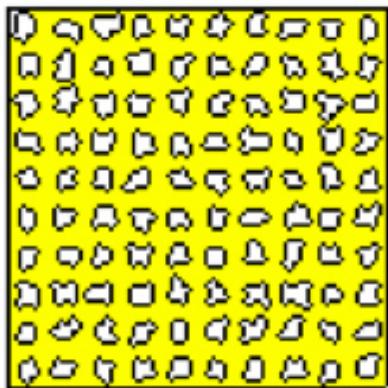
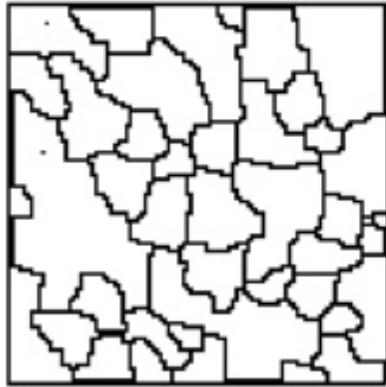
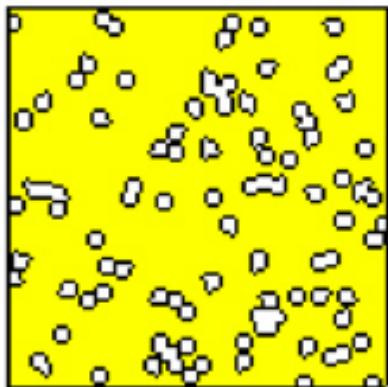


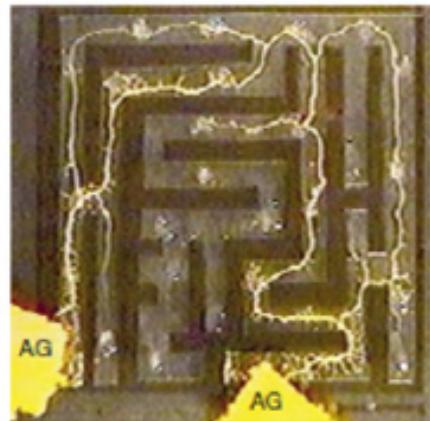
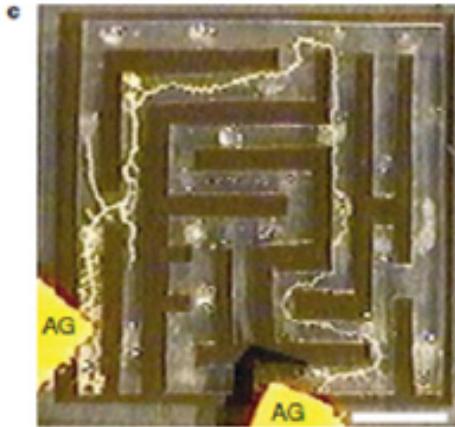
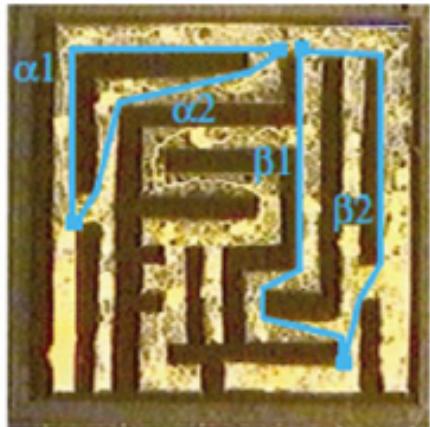








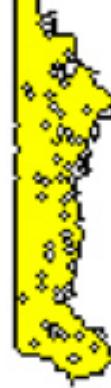
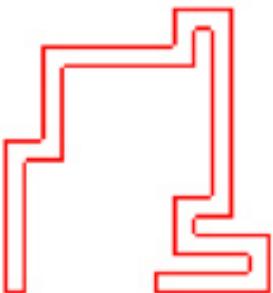
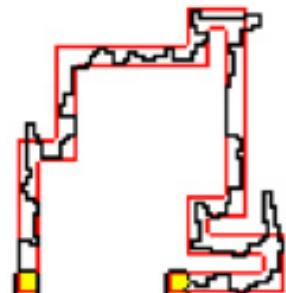
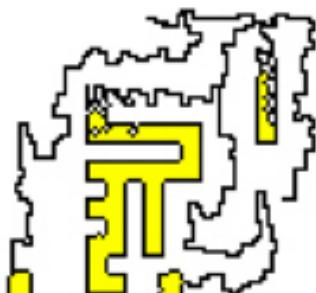


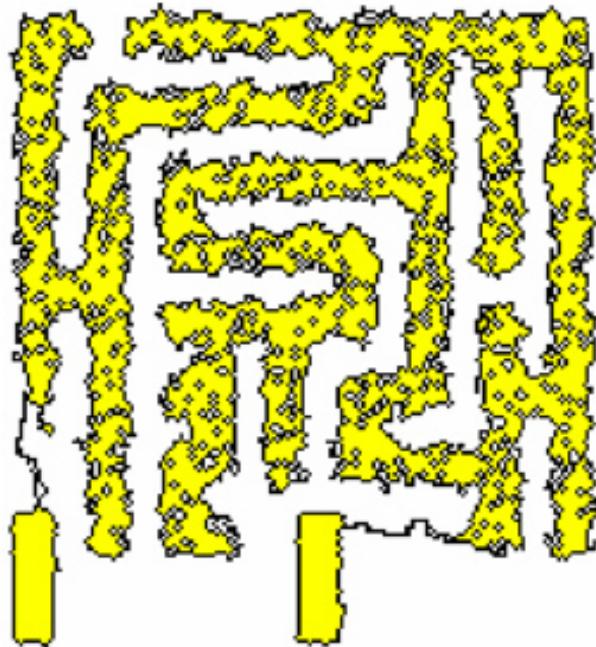
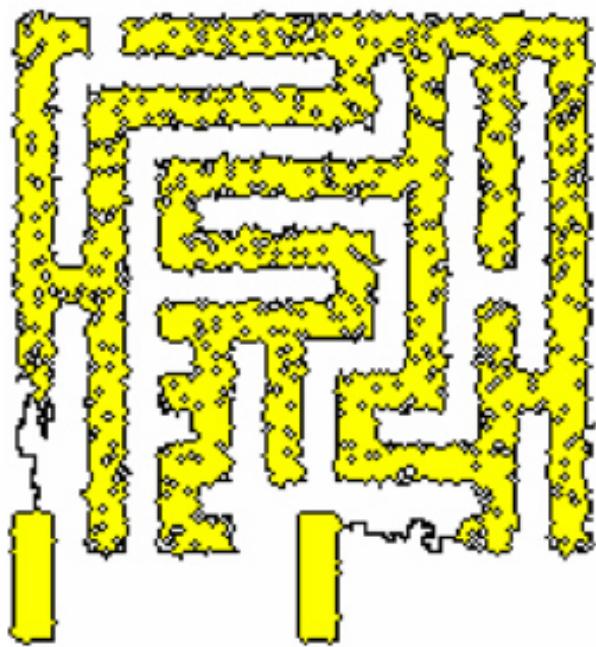


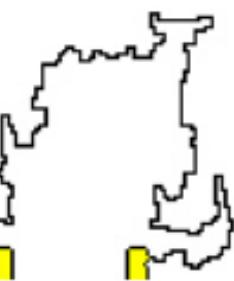
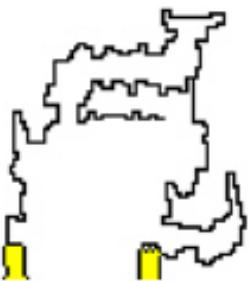
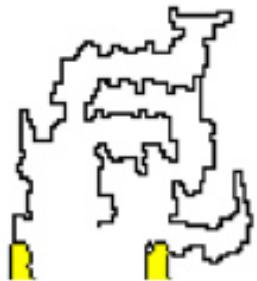
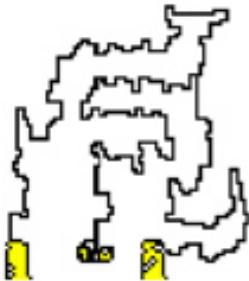
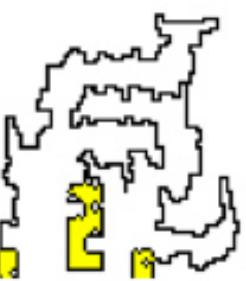
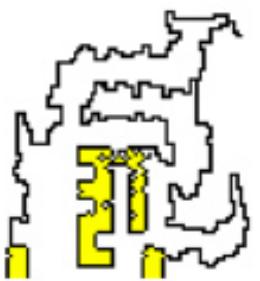
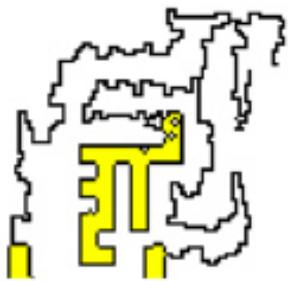
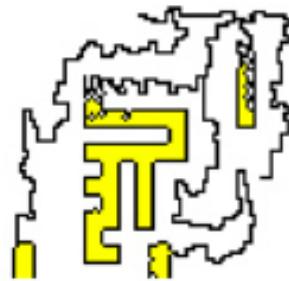
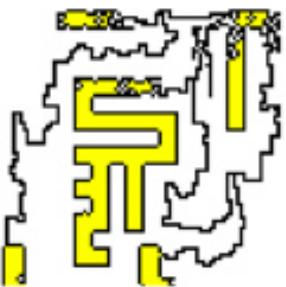
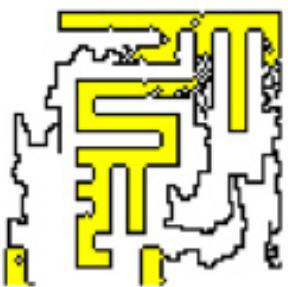
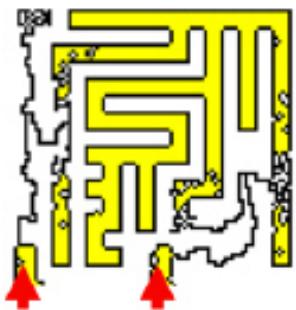
d

	None	β_1	β_2	β_1, β_2
None	2	0	0	0
α_1	0	0	0	0
α_2	0	5	6	3
α_1, α_2	0	0	0	3

Nakagaki et al. 2000

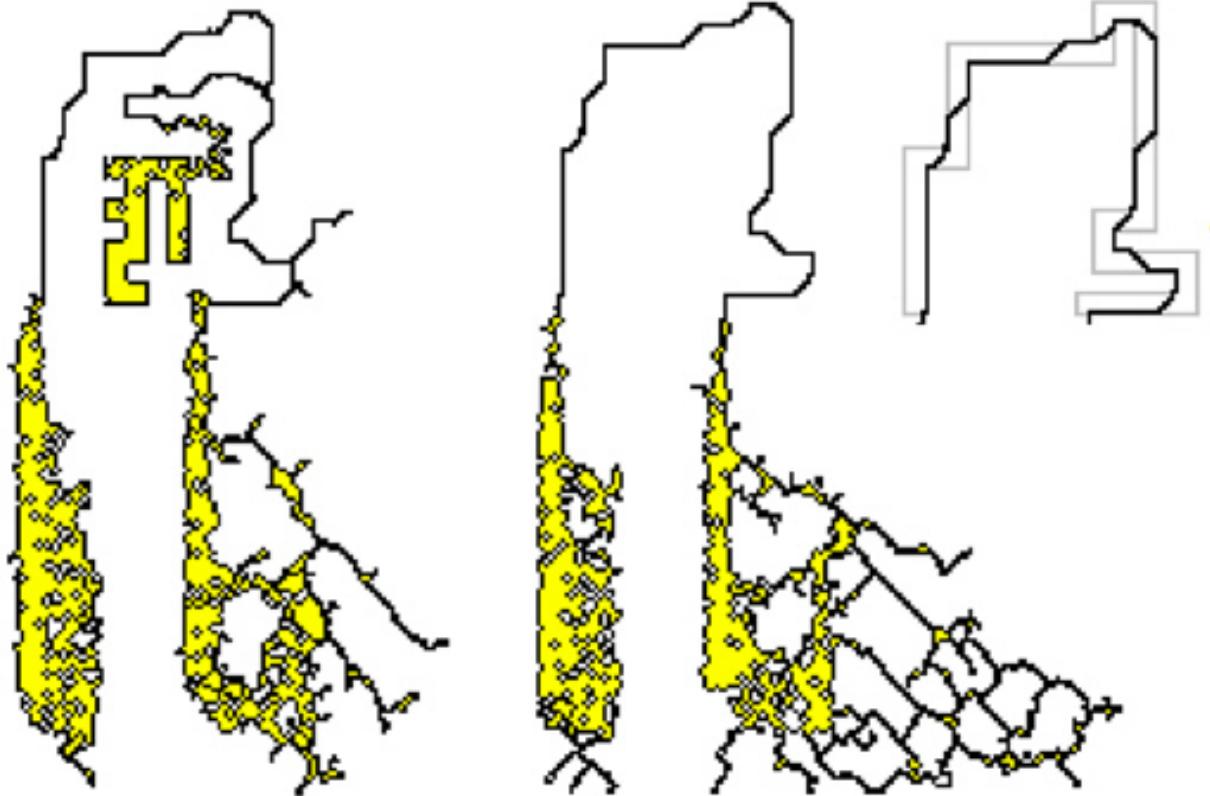




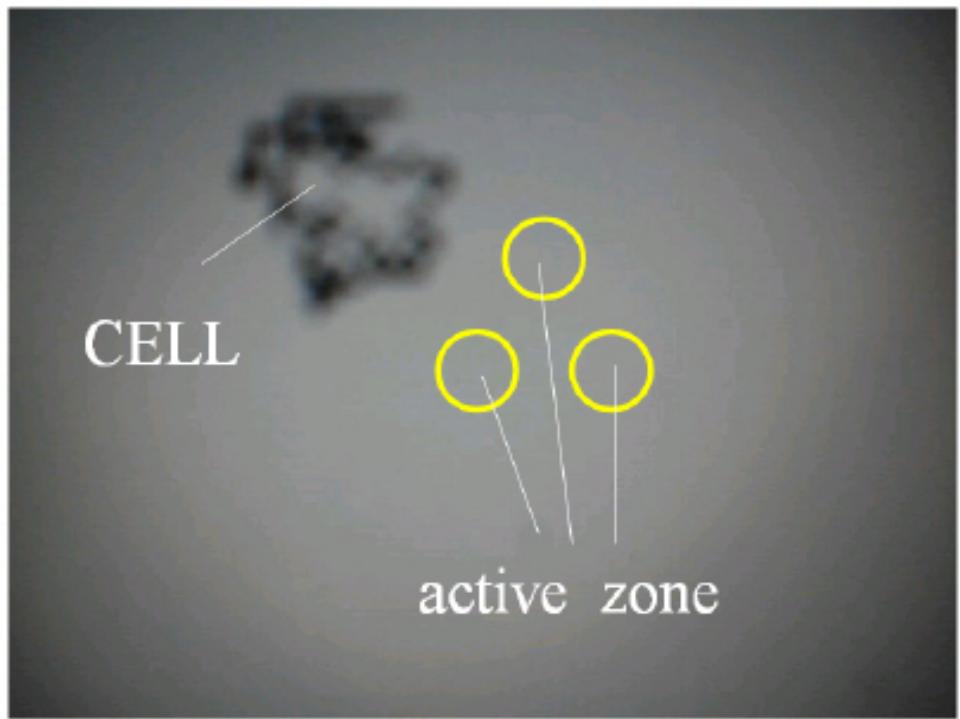


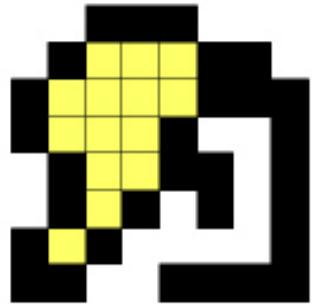
membrane-2-test-maze.c



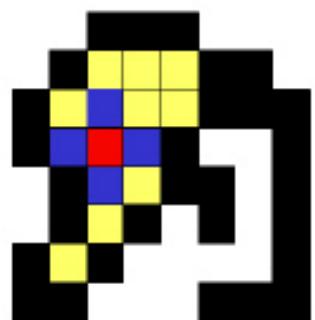
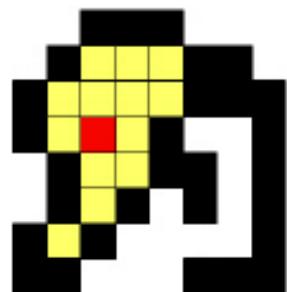
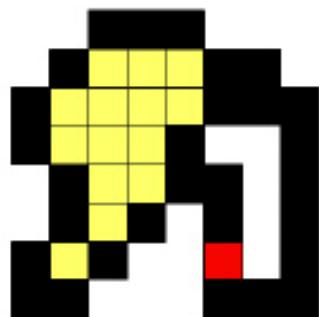


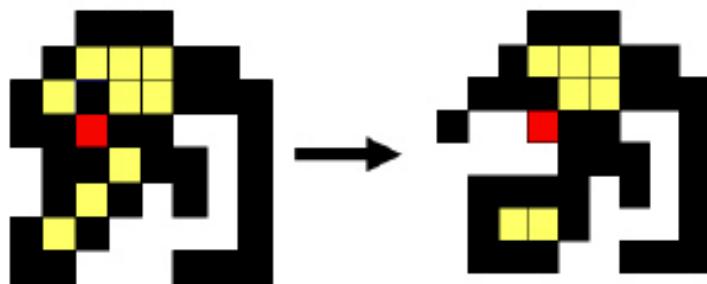




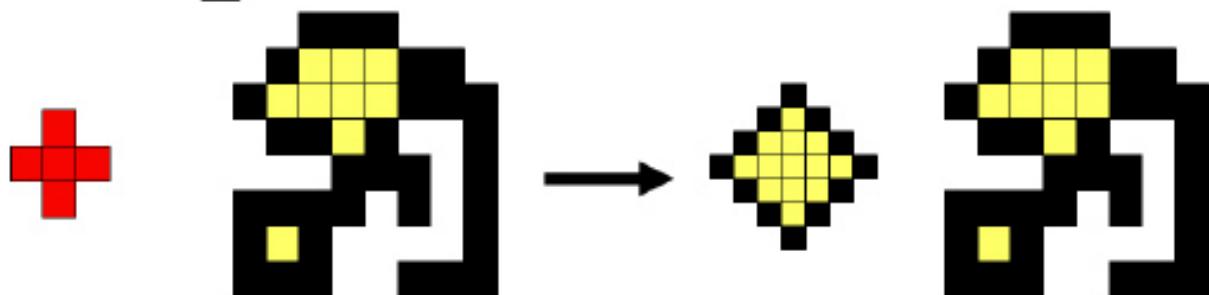


外部と内部の混同＝境界の内部表現へ





自己複製



泡侵入モデル

+

増殖（3次元的に溜まっていた原形質が2次元的に展開）

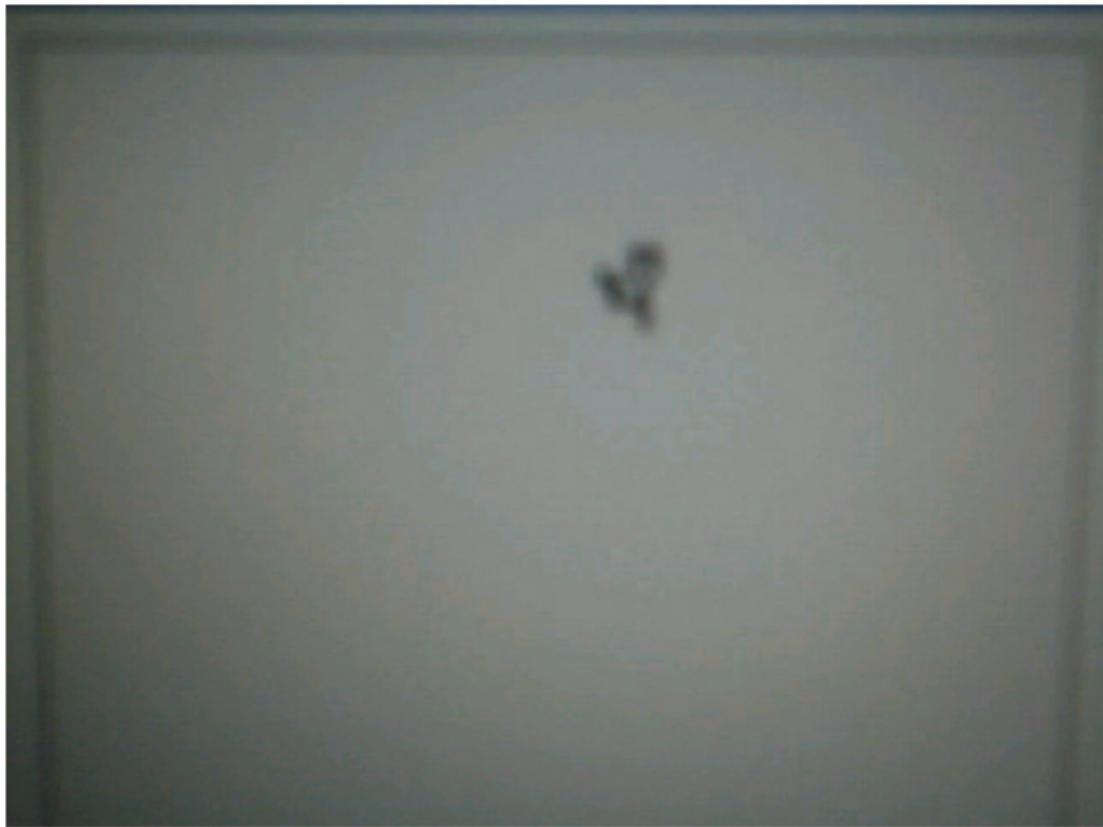
増殖した場所の周囲で増殖（正のフィードバック）

増殖率

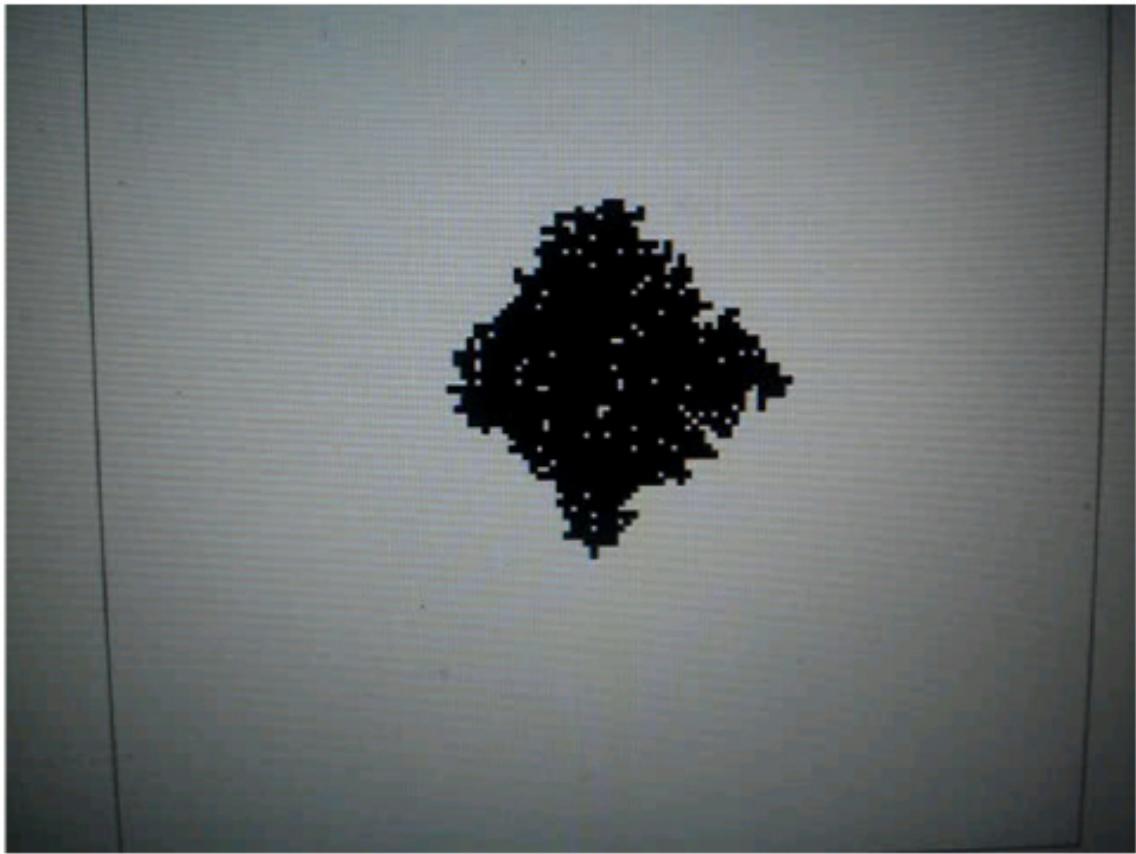
+

1回の増殖に何回泡の流動を行うか





増殖ステップごとに泡侵入1回



増殖ステップごとに泡侵入5回





増殖ステップごとに泡侵入30回



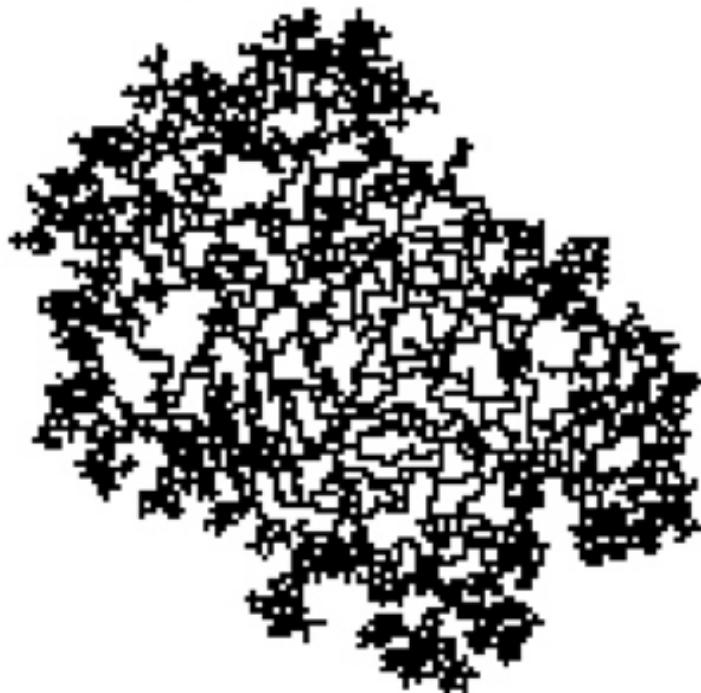


増殖ステップごとに泡侵入50回



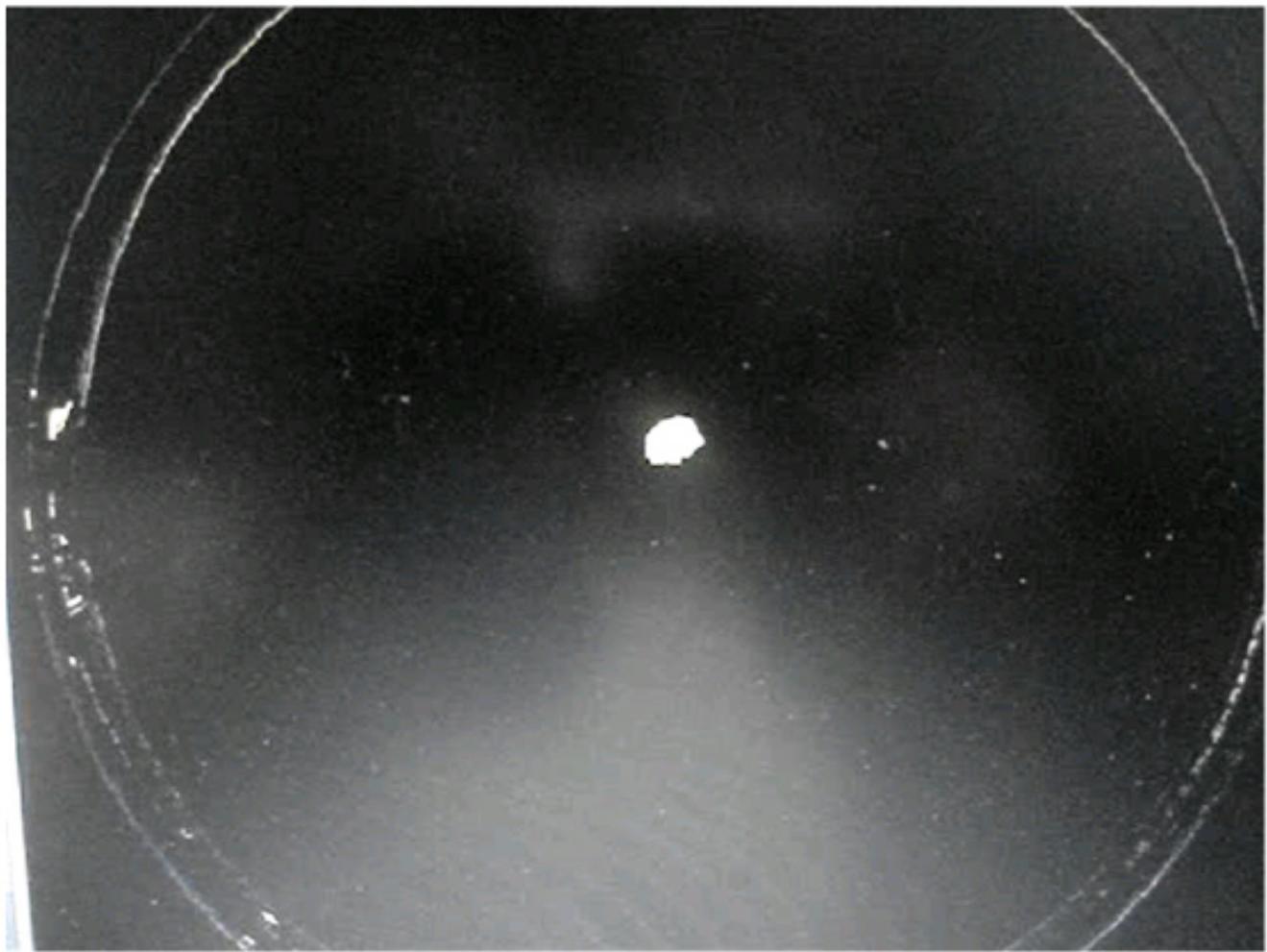


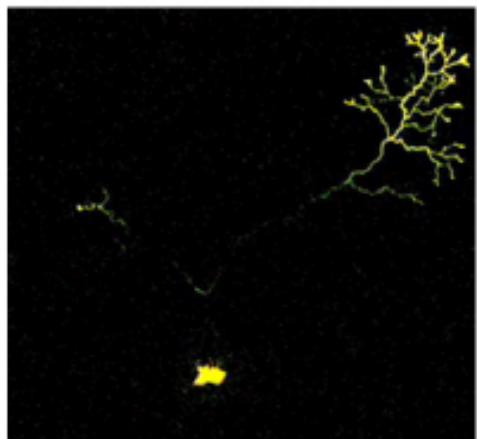
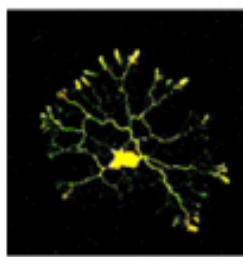
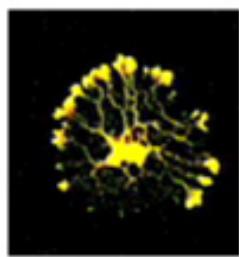
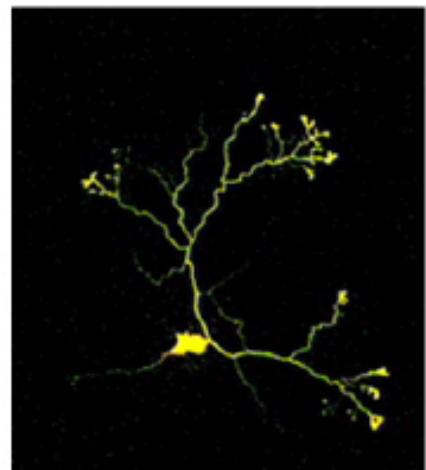
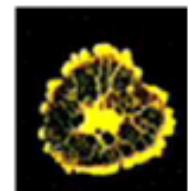
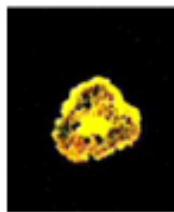
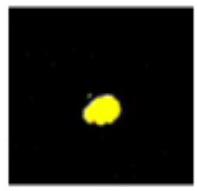


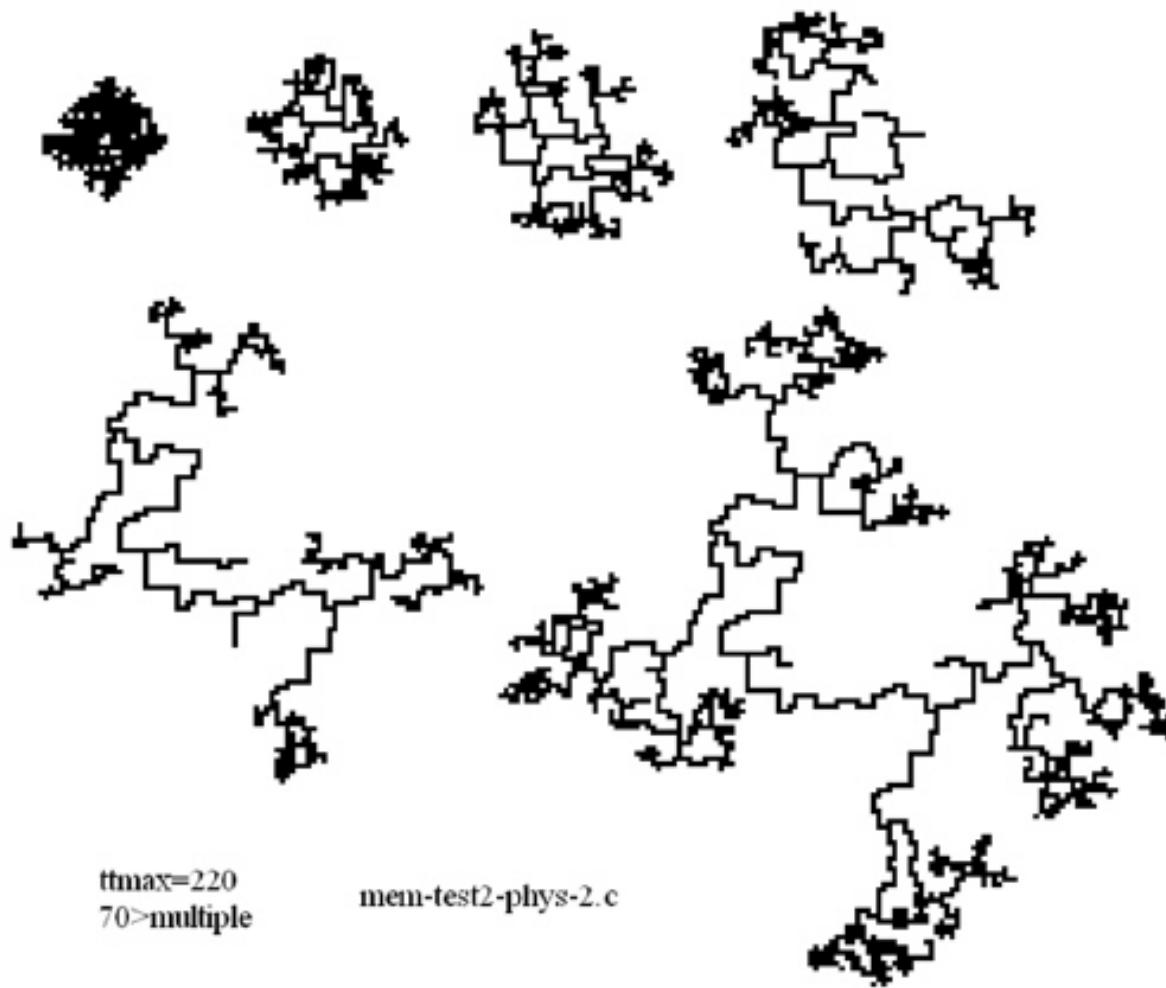


tmax=80
70>multiple

mem-test2-phys-2.c





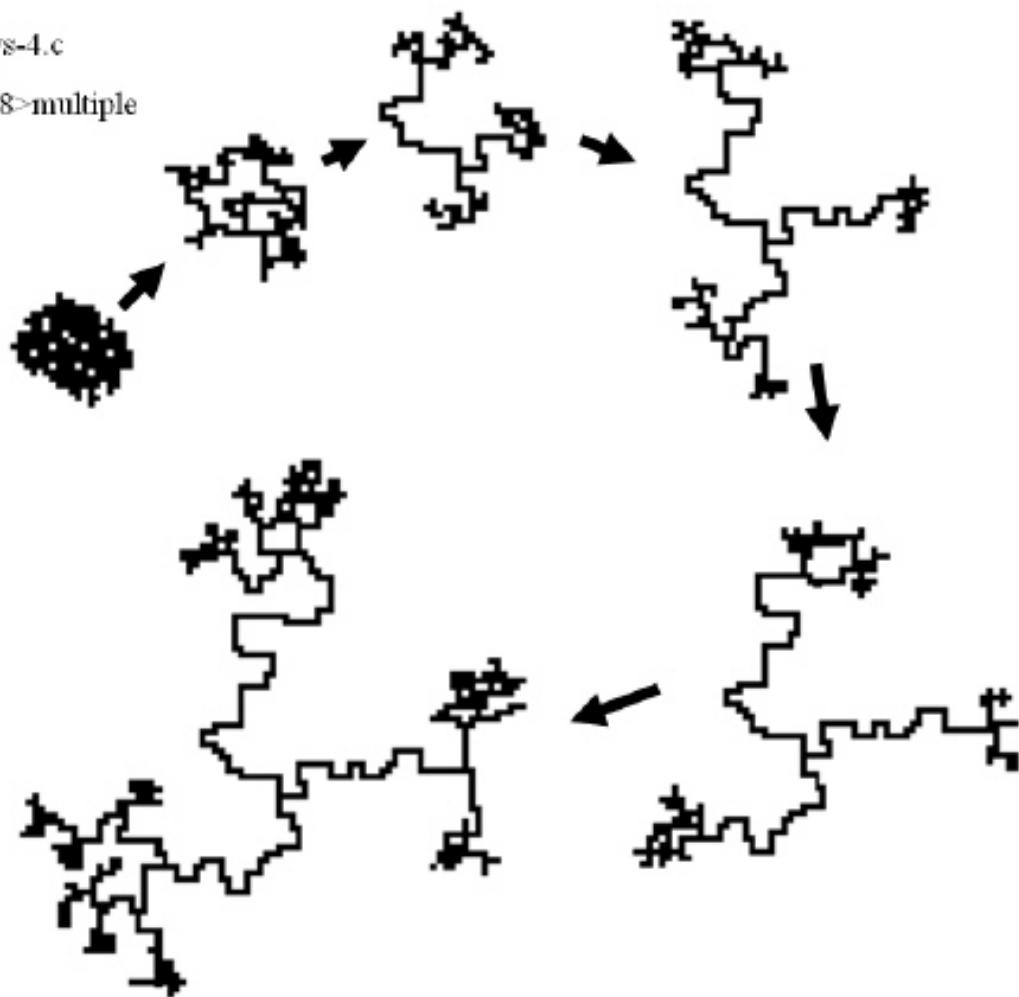


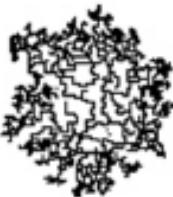
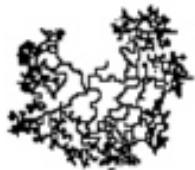
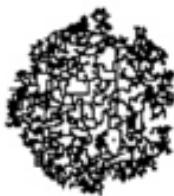
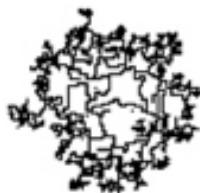
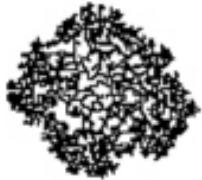
ttmax=220
70>multiple

mem-test2-phys-2.c

mem-test2-phys-4.c

ttmax=146 48>multiple



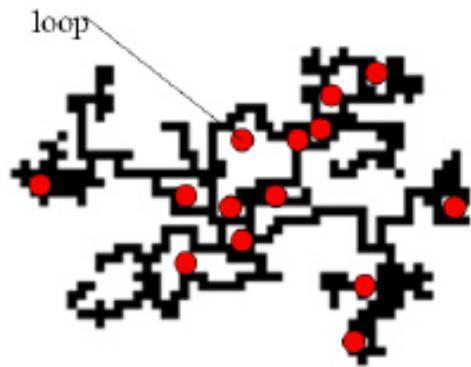




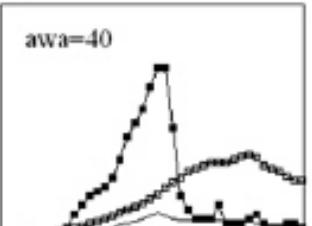
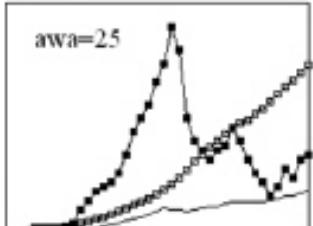
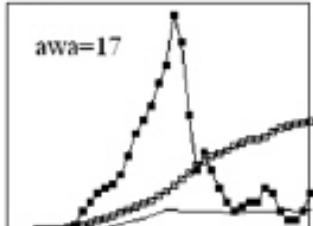
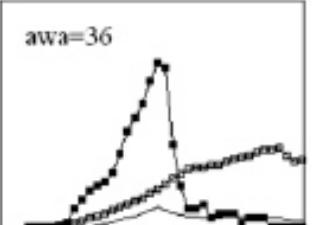
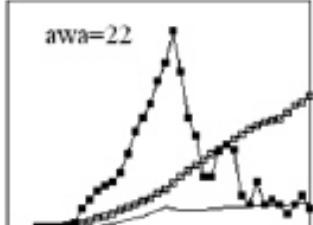
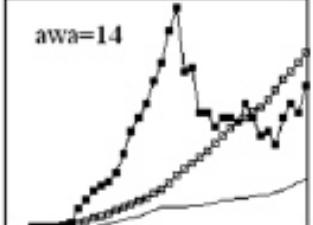
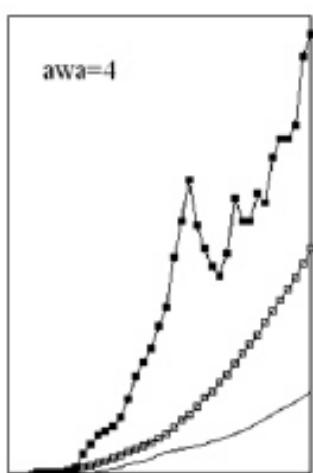
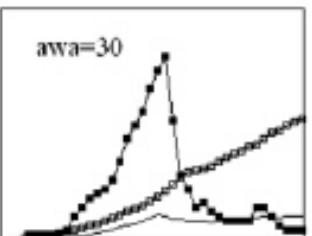
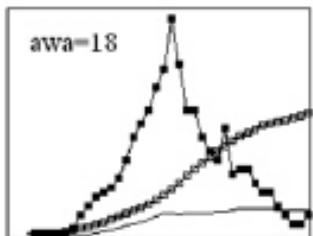
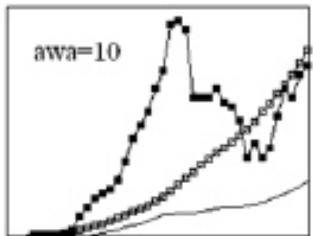
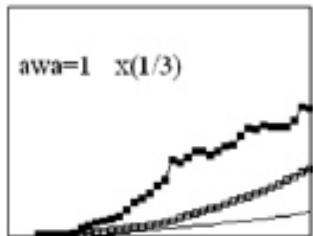
Area of black : $\text{Area}(S)$

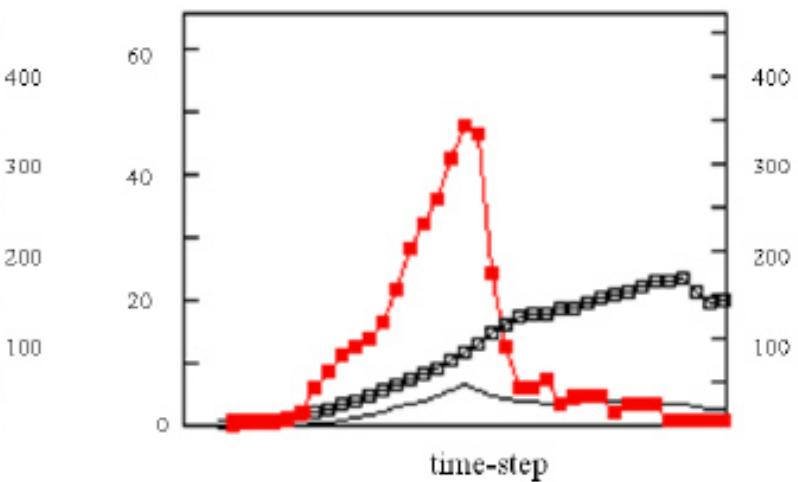
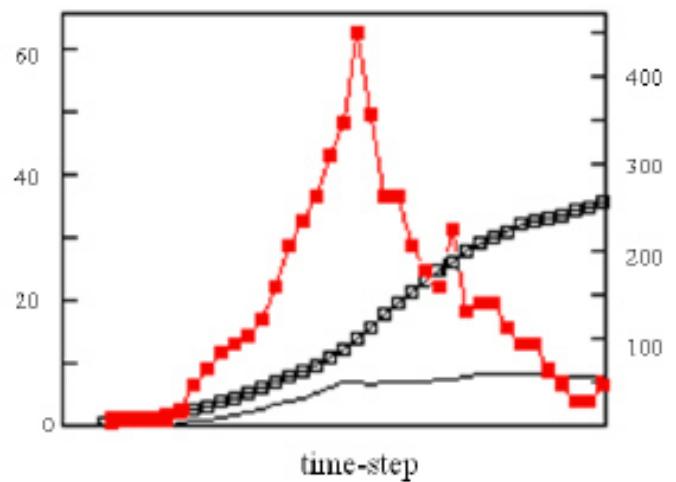
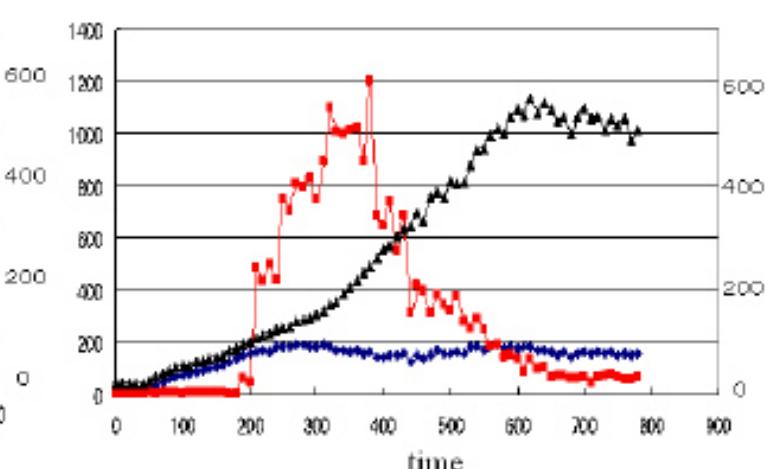
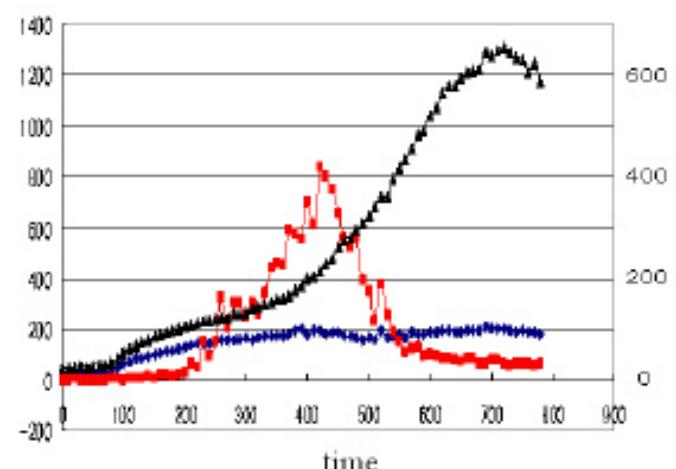


Area of green : $\text{Area}(\text{Closure}(S))$



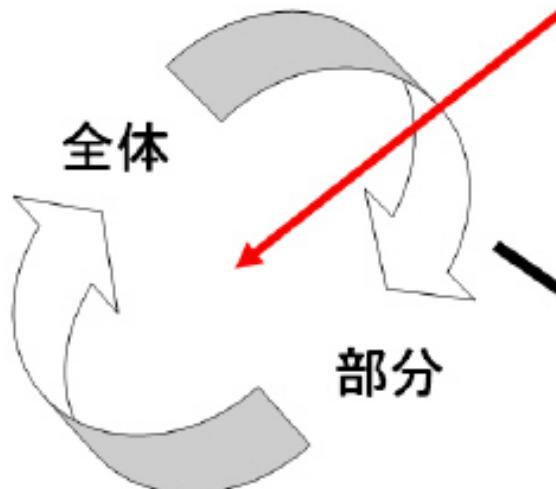
Number of loop: 13





結論

1. 全体として意味をもつ空と、局所として指定される「空」の交換によって、アメーバ運動と、迷路を解く運動がともに出現
2. 面積の拡大を考慮すると、「空」の量によって網目状パターンから、樹枝状パターンへの変化が説明でき、現実の粘菌に整合的である



不完全な
外部の侵入・破損

多様な変形

アメーバ運動

経路計算

複製

テンプレートの生成