

社会現象へのHPCの応用

伊藤伸泰

東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻

理研AICS

JST CREST

1 実例

エージェントモデルによる社会シミュレーション

2 ロードマップ

交通・経済・避難

共同研究者

理研AICS・DESRT 浅野優太・今井哲郎・稲岡創・村瀬洋・内種岳詞・Shih-Chieh Wang

東大物工伊藤研 青木尚登・大石晃司・島田尚氏・南雲将・平岡喬之・吉岡直樹

CREST ポスト京 CASSIAチーム

産総研 野田五十樹・山下倫央・松島裕康・渡辺隼史・落合純一・辻 順平

東大シス創 和泉潔・藤井秀樹・山田健太・鳥居拓馬・水田孝信・川久保佐記

立命館大 服部宏充・小川 祐樹

東邦大 中島 悠

日本IBM 吉濱佐知子・水田秀行・鈴木豊太郎・恐神貴行・森村哲郎・Rudy Raymond Harry

前田久美子・勝木孝行・渡辺日出雄・井手剛・村田浩樹・Kugamoorthy Gajananan

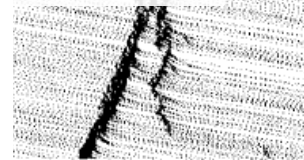
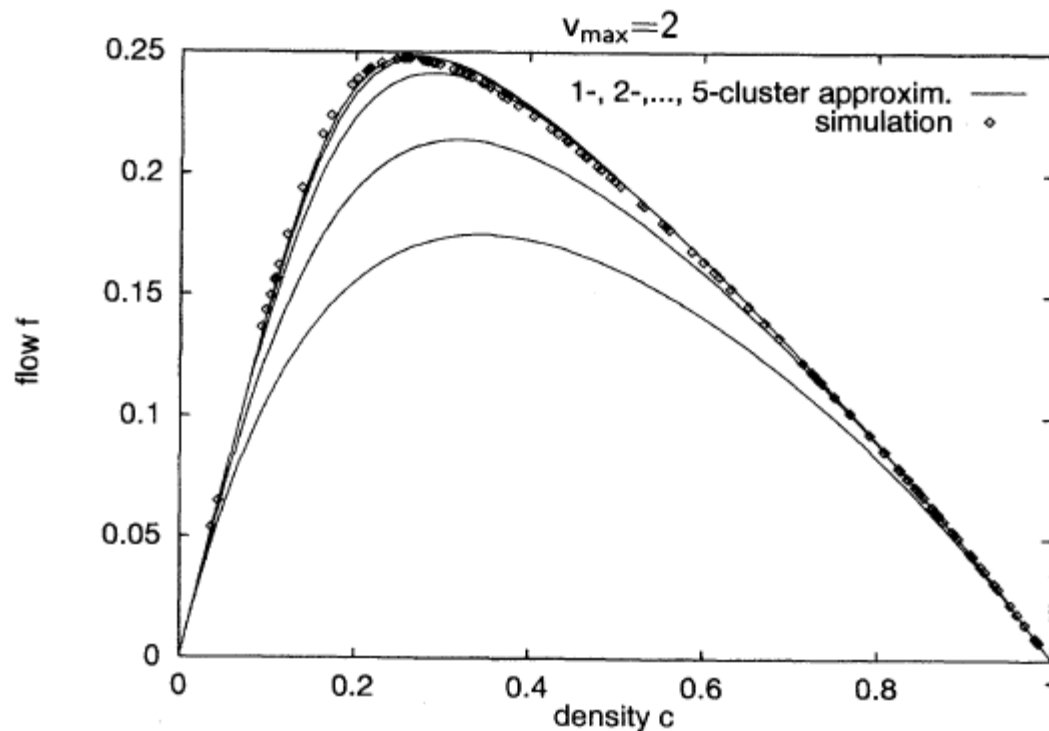
神戸大 鎌田 十三郎・仙波雅也・熊谷良夫・中原勇輝・畑谷卓哉

複雑現象の離散モデルによるシミュレーション 交通流

Big success
of dynamical treatment of cars,
or other sociological phenomena
using agent type models.



- (1) Acceleration
than v_{\max} , the speed
- (2) Slowing down
to the next car a
speed is reduced to
- (3) Randomization
a vehicle (if green
($v = v - 1$)).
- (4) Car motion.



=5, parallel update

enberger,
neider,
d N. Ito,
1995
2939

Car traffic simulation of Kobe

Using “Simulation of Urban Mobility”
(SUMO)

D. Krajzewics, J. Erdmann, M. Behrisch and
L. Bieker, Intern. J. Advances in Systems
and Measurements vol.5 (20012) 128-138.

Trip set is generated by
ACTIVITYGEN, a SUMO application,
from mobile phone distribution from
NTT Docomo.

Totally 10000 cars
0 – 2hour: from homes to offices
5hour – from offices to homes

Y. Asano, N. Ito, H. Inaoka, Y. Murase, T. Imai,
and T. Uchitane, "Traffic Simulation of Kobe-
city", to appear in proceeding of “Social
Modeling and Simulation + Econophysics
Colloquim 2014”, (Kobe, Japan, Nov. 2014)





Kobe city

100,000 cars a day

70,000 just passes

from/to East/West

30,000 local

simulation parameters

Highway: 100 Km/h

National Road: 60 Km/h

Local Road: 30 Km/h

area	x range(m)	y range(m)
all	[0.00, 11469.73]	[0.00, 9308.76]
area1	[9385.50, 11469.80]	[1659.30, 6722.00]
area2	[7332.80, 9385.50]	[2785.35, 9308.80]
area3	[5264.30, 7332.80]	[4055.20, 9308.80]
area4	[1387.10, 5264.30]	[6188.00, 9308.80]
area5	[0.00, 4900.50]	[0.00, 5557.70]
area6	[0.00, 1387.10]	[5557.70, 9308.80]

		Departure					
		area1	area2	area3	area4	area5	area6
Arrive	area1	250	250	250	8750	250	250
	area2	250	250	250	250	250	250
	area3	250	250	250	250	250	250
	area4	8750	250	250	250	250	250
	area5	250	250	250	250	<u>250</u>	<u>250</u>
	area6	250	250	250	250	<u>250</u>	<u>250</u>

Table 2 6 時間あたりの自動車発生台数と発生 area

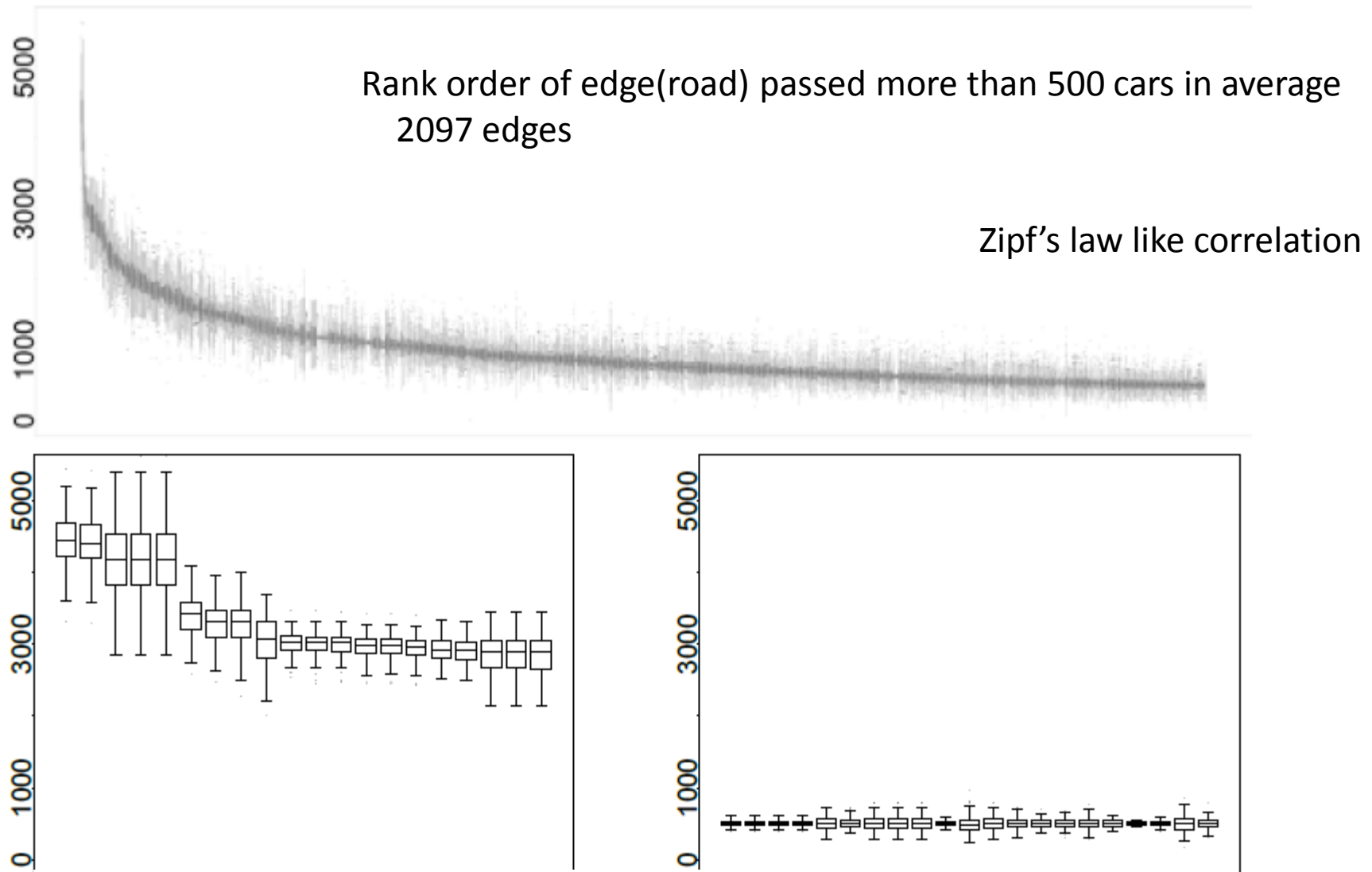
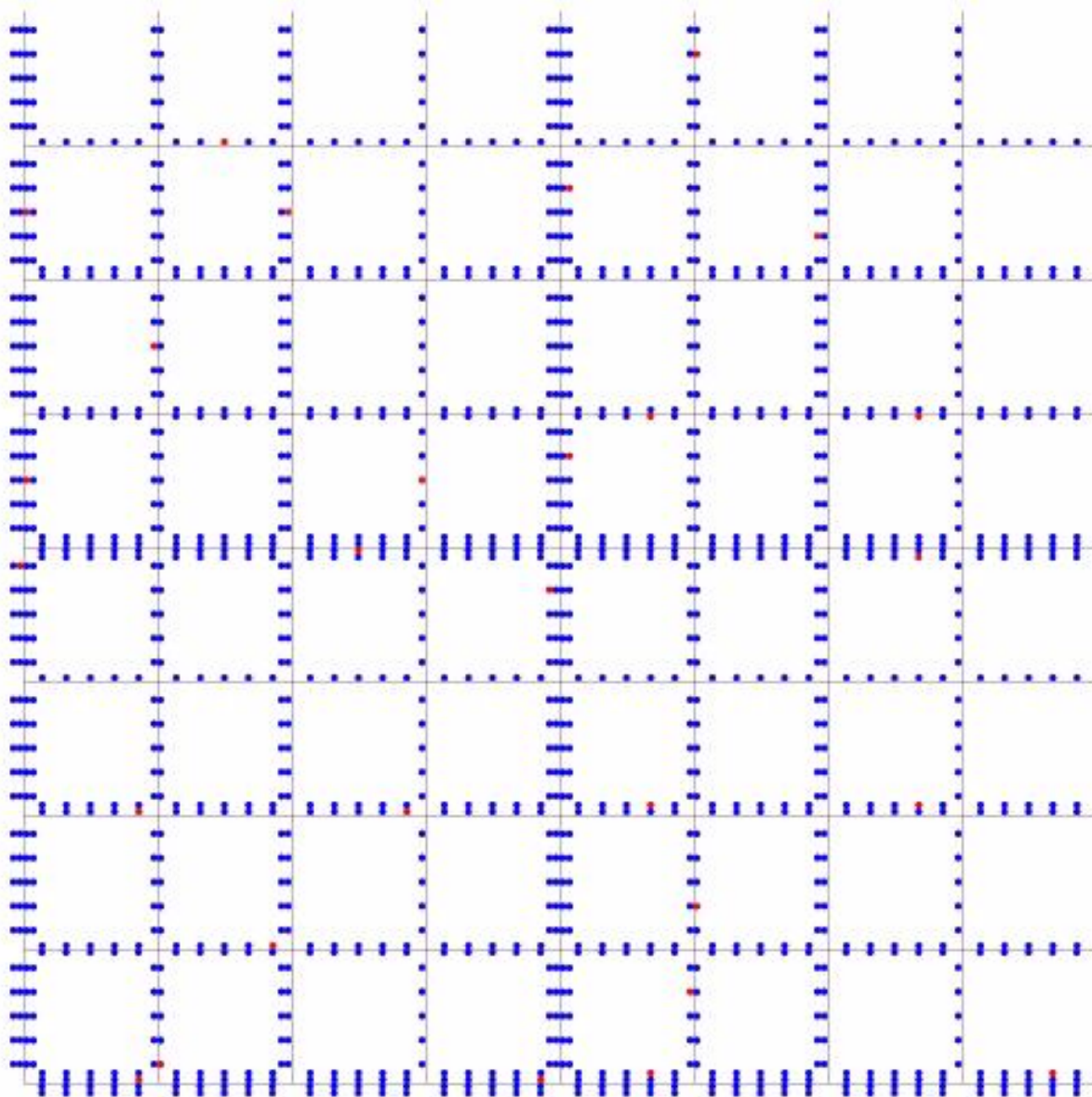


Fig. 3 自動車通過台数の箱ひげ図: 平均通過台数が 500 台以上の道 2097 本 (上), 平均通過台数の上位 10 (左下), 平均通過台数の第 2088 位から第 2097 位の 10 本 (右下)

No.	属性	方向	area
1	高速, 国道, 県道	東	area1,2,3,4 全域
2	高速, 県道	西	area1,2,3,4 北部
21	高速, 国道	西	area2,3 中部
3	国道, 県道	東	area4 北部
7	高速, 国道	東	area3,4 北部
6	市道	東	area4 北中部
5	国道, 県道	西	area1,2 北部
10	県道	西	area3,4 北部
4	市道	西	area3,4 北部
8	市道	西	area4 中部
15	高速, 県道	東	area1,2 中南部
9	市道	東	area4 北部
11	県道, 市道	東	area2 北部
24	高速, 国道	西	area2 南部
14	高速	東	area2 南部
32	県道	東	area2,3 中部
18	市道	東	area4 北部

Description of the 33 factors.

22	市道	西 (東)	area1(4) 北部
17	国道	東	area2 南部
25	市道	東	area3 中部
16	市道	西	area2 中部
13	市道	－	area4 中部
30	国道, 市道	東	area1 南部
27	市道	－	area3 北南部
28	市道	西	area1 南部
19	市道	－	area3,4 北部
20	国道	－	area5 から南下
23	市道	西	area4 中部
12	国道, 市道	東	area1 中南部
31	国道	－	area5 へ北上
26	市道	－	area3 北南部
29	市道	－	area3 北部 area4 北中部
33	国道	東	area3,4 南部

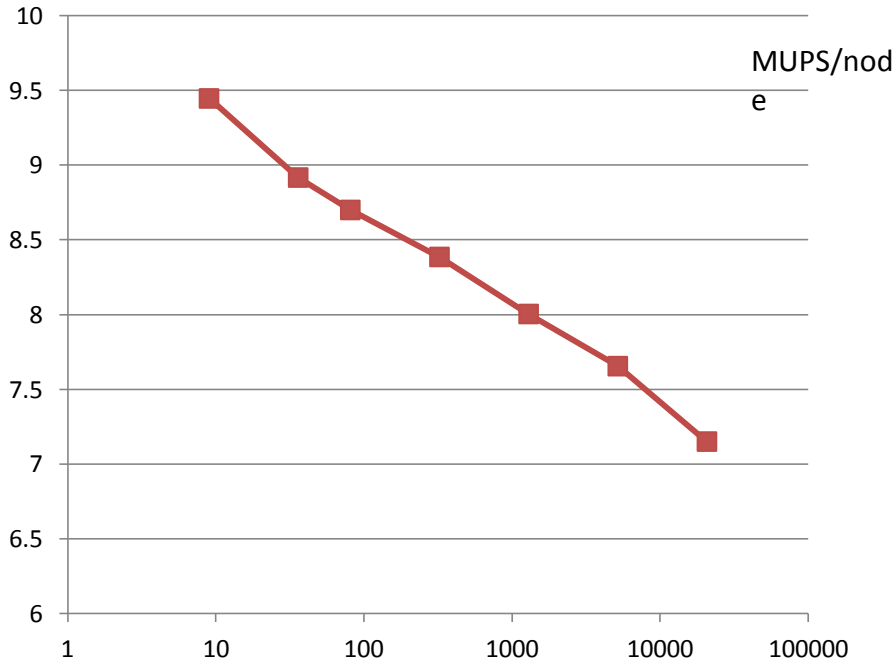


0000.00

ノード数を $3 \times 3 = 9$ から $144 \times 144 = 20736$ に変える。
 道路の長さ＝格子定数は100m
 ノードあたりの道路数は 1辺16で固定。
 ノード内道路の総数は 1辺 \times 1辺 \times 2。
 車の速度は時速10km～60kmの範囲で一様に分布。
 1本の道路あたりの車を 16台に固定。

Weak Scalingを測っている。

ノード数						
1辺		道路総延長km	車の総数	計算時間	MUPS	MUPS/node
3	9	460.8	73,728	867.257	85.0129	9.445877778
6	36	1,843.2	294,912	918.727	321.001	8.916694444
9	81	4,147.2	663,552	941.629	704.685	8.699814815
18	324	16,588.8	2,654,208	976.908	2716.95	8.385648148
36	1296	66,355.2	10,616,832	1023.49	10373.2	8.004012346
72	5184	265,420.8	42,467,328	1070.14	39683.7	7.655034722
144	20736	1,061,683.2	169,869,312	1145.64	148274	7.150559414



国土交通省によると:

日本の道路の総延長は、平成24年4月1日現在 1,273,620.4km です。
 対象とした道路の種類は、「道路法」第三条(道路の種類)に定められた

高速自動車国道、一般国道、都道府県道、市町村道で、
 他の法律で所管する林道、農道などは含まれていません。

国土交通省によると:

平成26年9月末現在の四輪車数 = 77,193,872

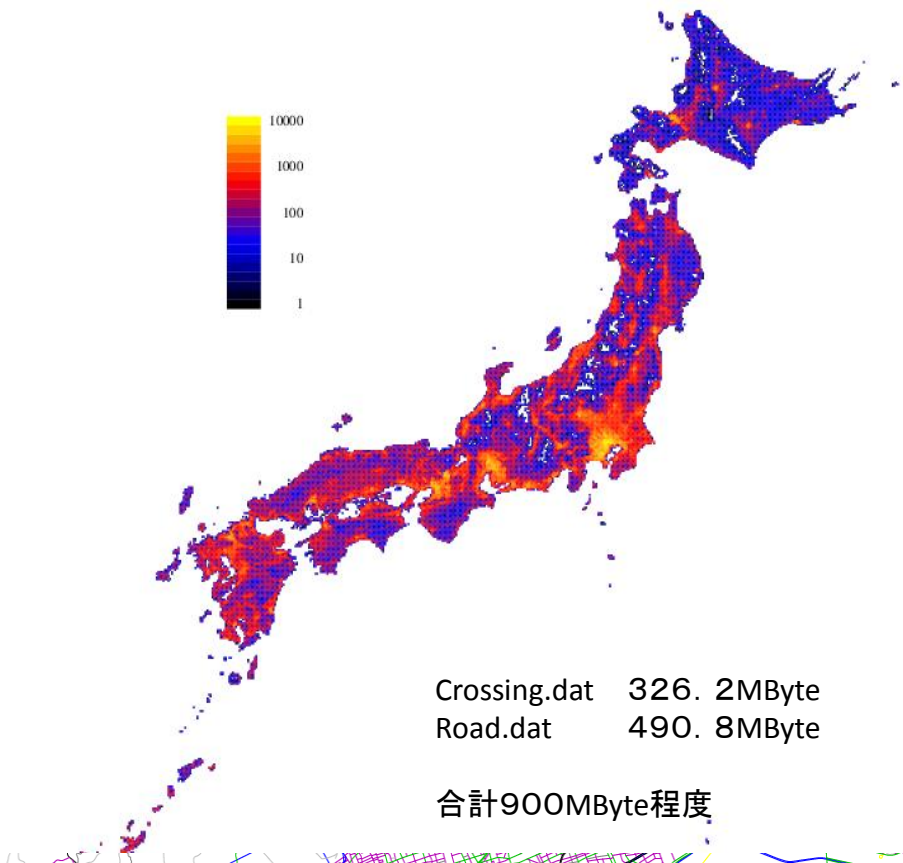
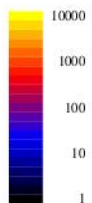
DeltaTime=0.01秒で100万ステップ。
 1万秒分のシミュレーション。

京の4分の1で、1万秒分が1145秒で終了。
 恐らく、フルノードで現実の40倍Simが可能。

車を1億七千万台一度に走らせているが、
 実際には時々刻々、その10分の1も走ってないだろう。
 それを考えると400倍以上となるか？

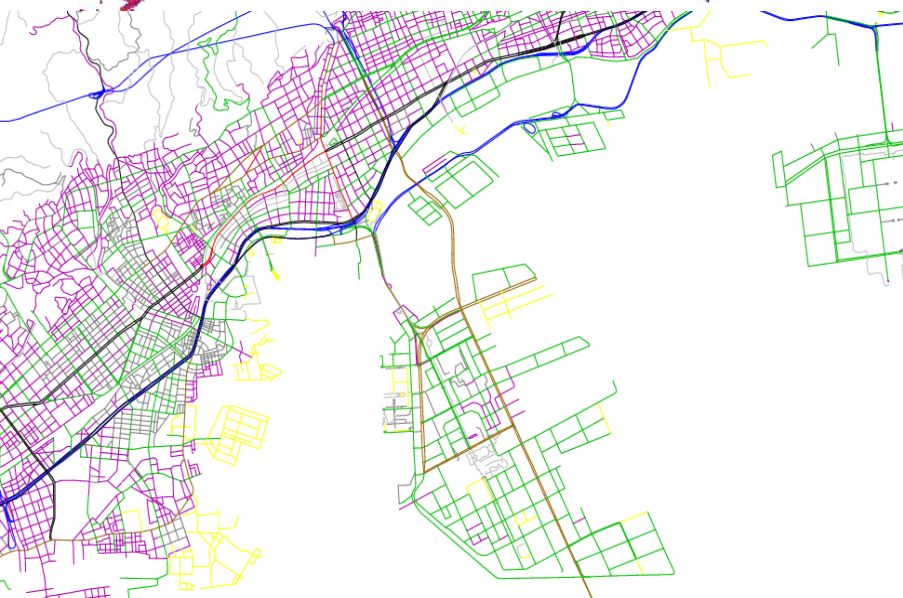


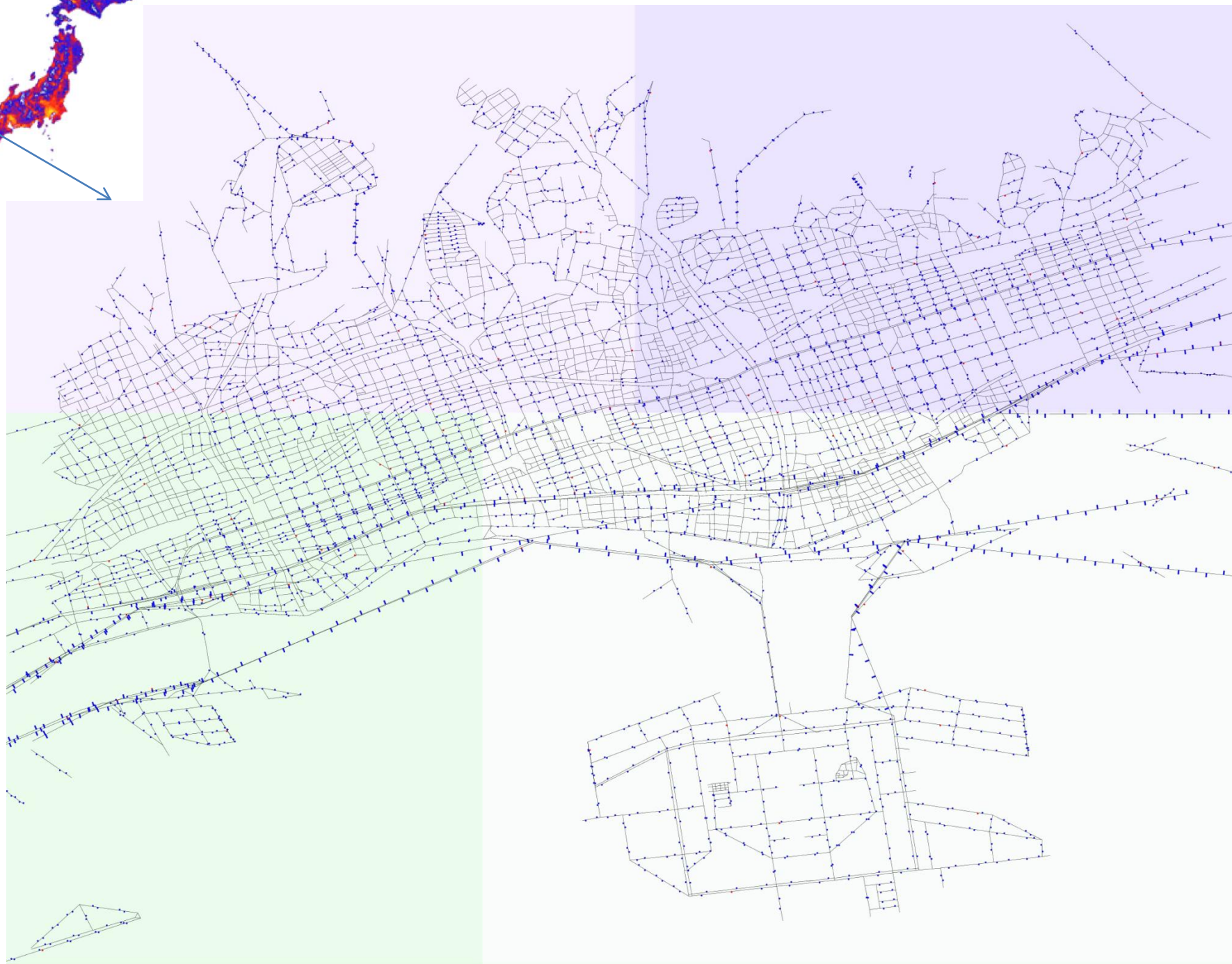
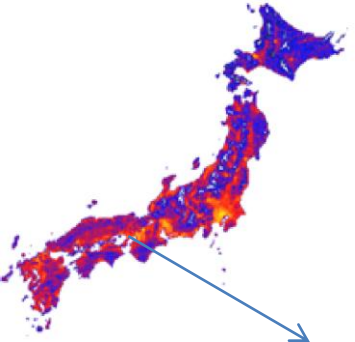
Traffic-Data-141224.zip



Crossing.dat 326. 2MByte
Road.dat 490. 8MByte

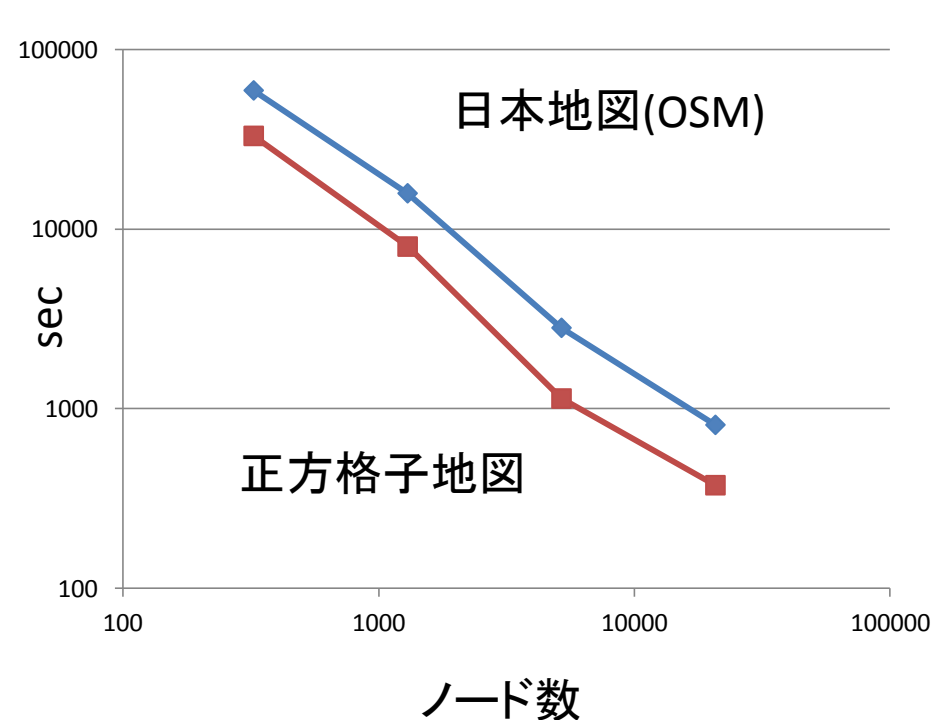
合計900MByte程度



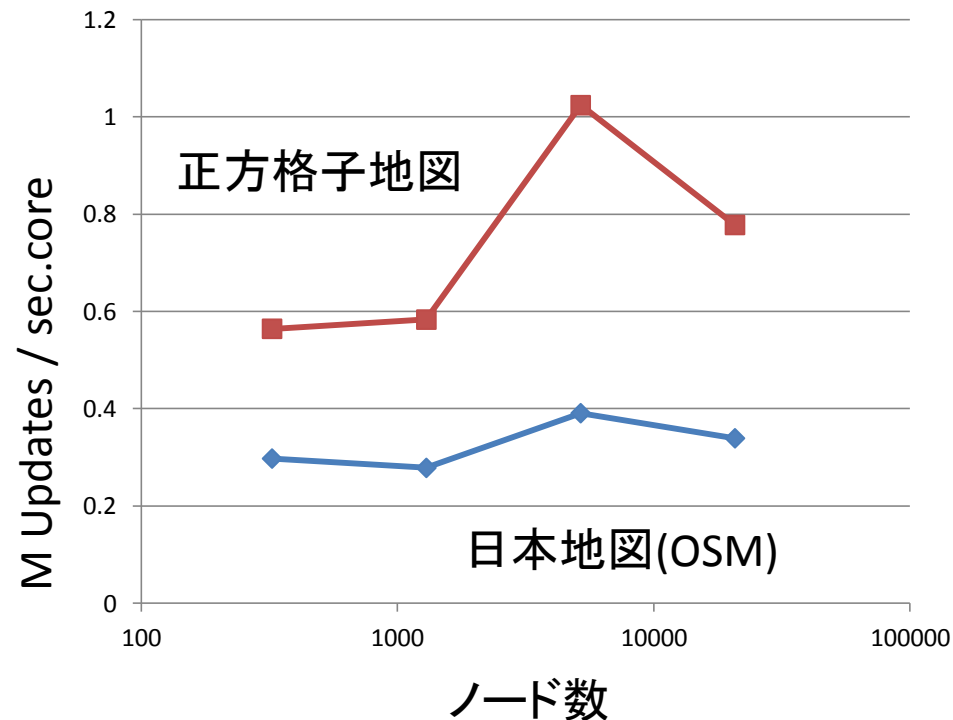


- Open Street Map でのシミュレーションは
道路総延長=131万Km 車両数=1億2700万台。
- ほぼ同じ条件の正方格子道路網での結果と比較。
- Open Street Map+京2万ノードで、1時間相当のシミュレーションに800秒。
- 体積排除効果を入れると25~30倍の計算時間が必要。

シミュレーション時間



シミュレーション速度

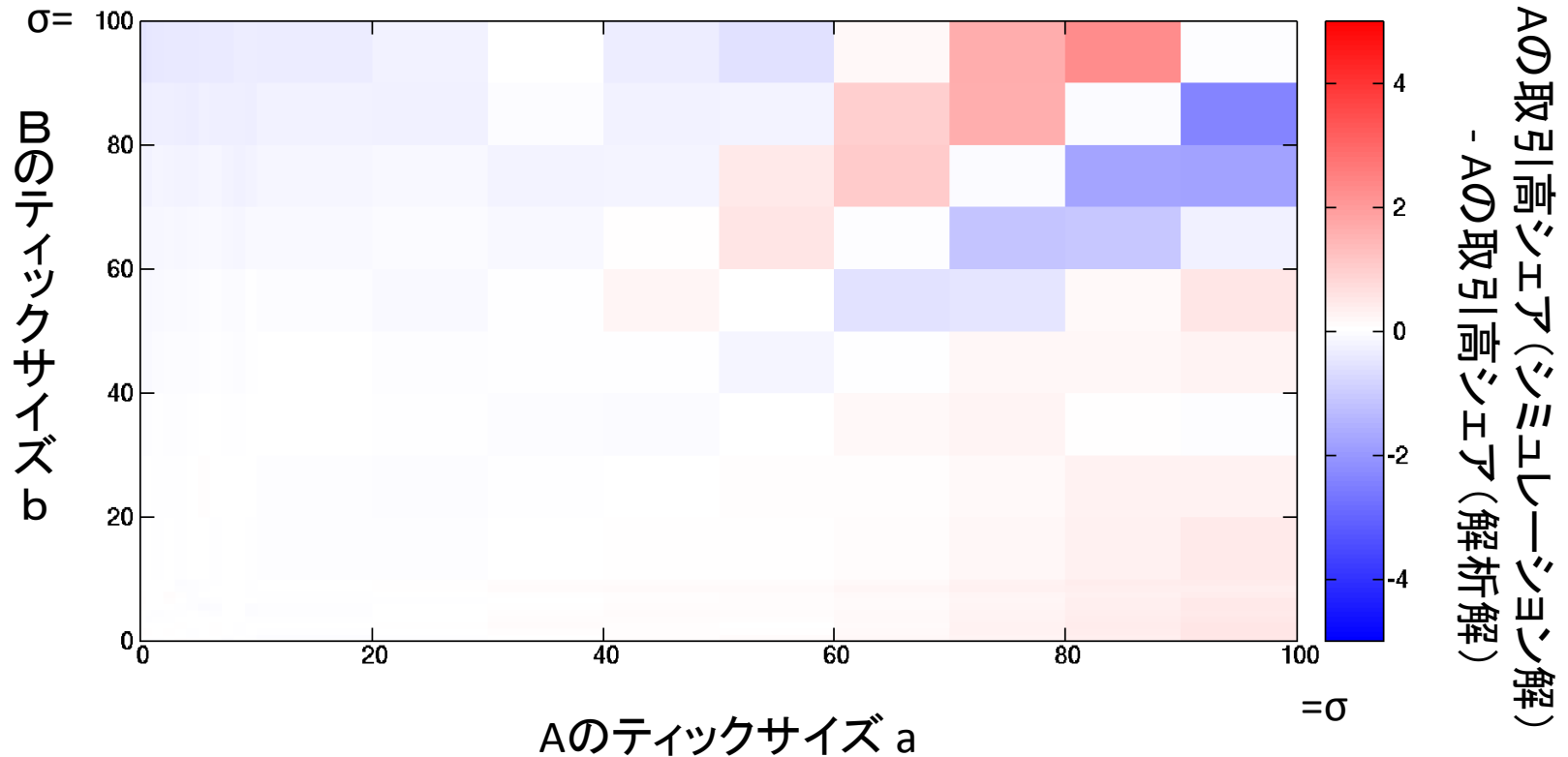


strong scaling

シミュレーション解と解析解の誤差

Aの取引高シェア
(初期値50%)

注文をふる際の正規分布 $G(x)$
の標準偏差 $\sigma=100$

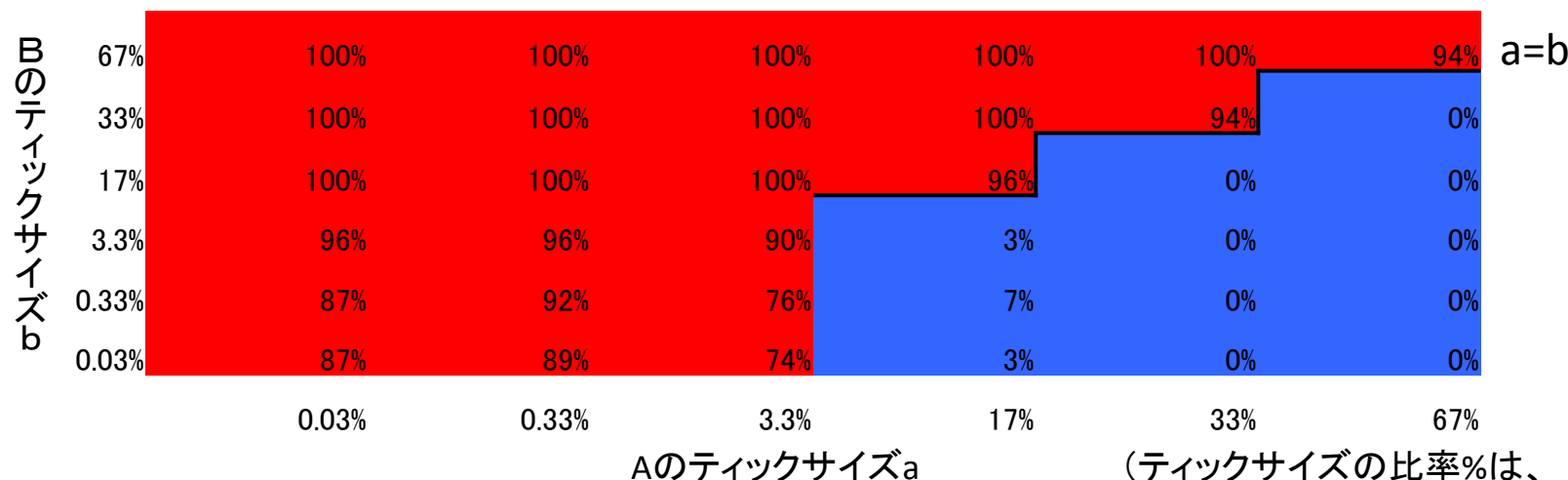


証券取引所の競合シミュレーション

ティックサイズとシェアの関係

Aの取引高シェア
(初期値90%)

10^7 秒=500営業日時点
(1秒に1注文)



(ティックサイズの比率%は、
注文をふる際の正規分布 η の
標準偏差に対するもの)

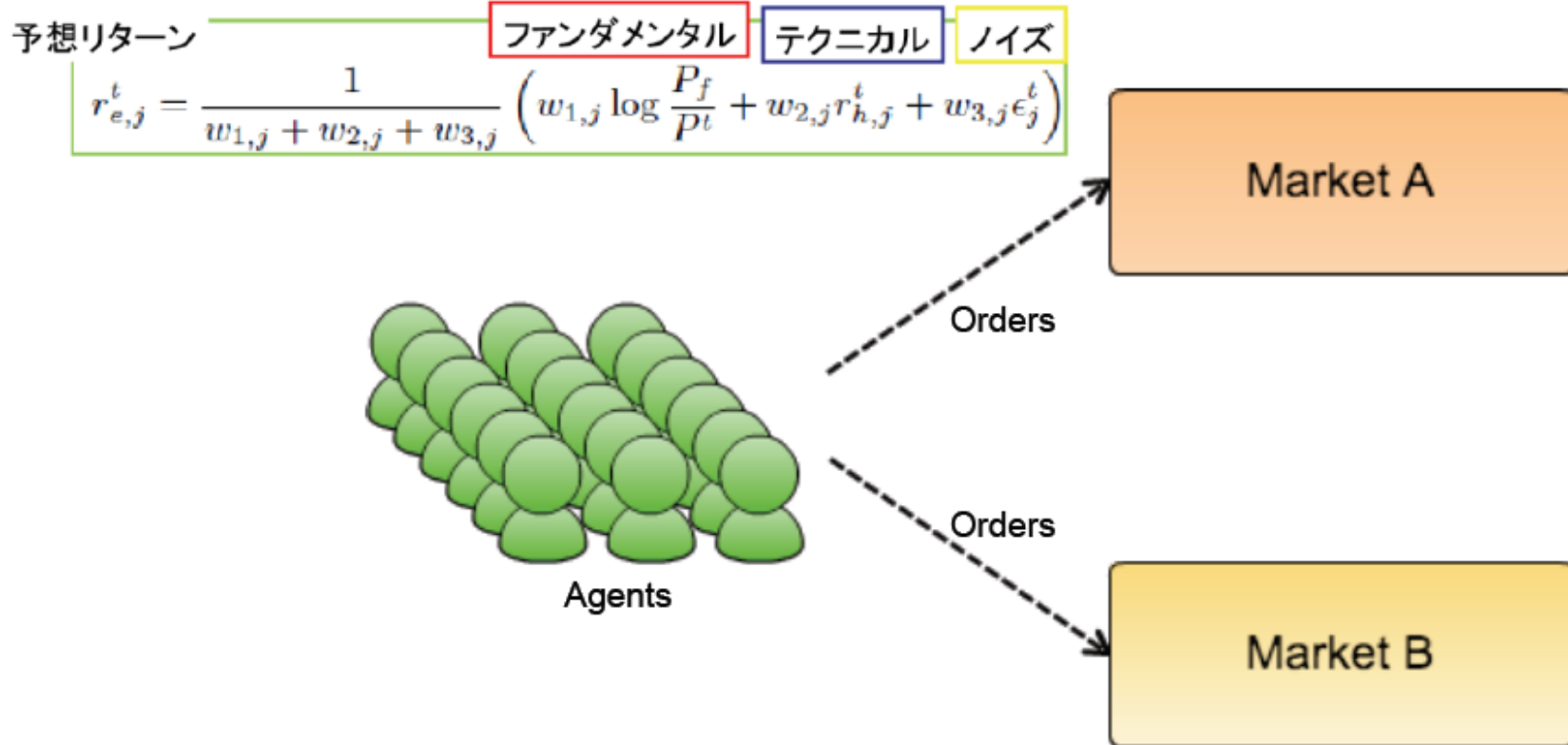
- 基本的に、ティックサイズの小さい市場が大きい市場のシェアを奪う。
a=bにはっきりとした境界が存在する。
- ティックサイズが細かすぎると、ティックサイズの大小はシェアに関係しない。

水田孝伸・早川聡・和泉潔・吉村忍 2012

「人工市場シミュレーションを用いた

取引市場間におけるティックサイズと取引量の関係性分析」

Multi-Agent Simulation of Artificial Market



各agent は Tick size の異なる 2 種類の市場に注文を出す事ができる
市場のシェアがtick sizeに対してどのように変わるか調べる

数理的背景

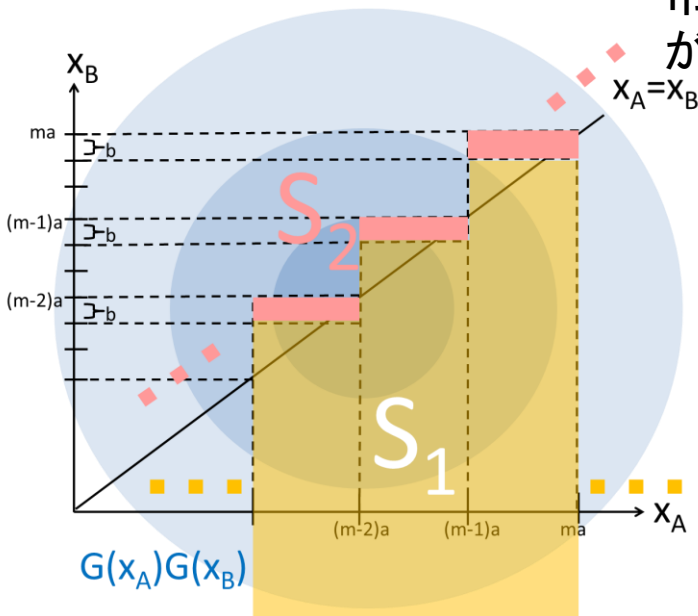
市場Aのティックサイズa、市場Bのティックサイズb
 $a > b$ (aはbの整数倍)

指値・売り注文 \longrightarrow 成行・買い注文

市場A,Bともに
 正規分布 $G(x)$
 で注文を
 一つずつふる

「Aに成行・買い注文が出される確率」=「Aの出来高」
 =1-「Bに成行・買い注文が出される確率」

$$= 1 - \left[\underbrace{\iint_{S_1} G(x_A)G(x_B)dx_Adx_B}_{\text{市場Aより市場Bの指値が安いとき}} + \underbrace{\frac{1}{2} \iint_{S_2} G(x_A)G(x_B)dx_Adx_B}_{\text{市場A,Bで指値が等しいとき}} \right]$$



$$\simeq \frac{1}{2} - \frac{1}{4\sqrt{\pi\sigma^2}}(a - b)$$

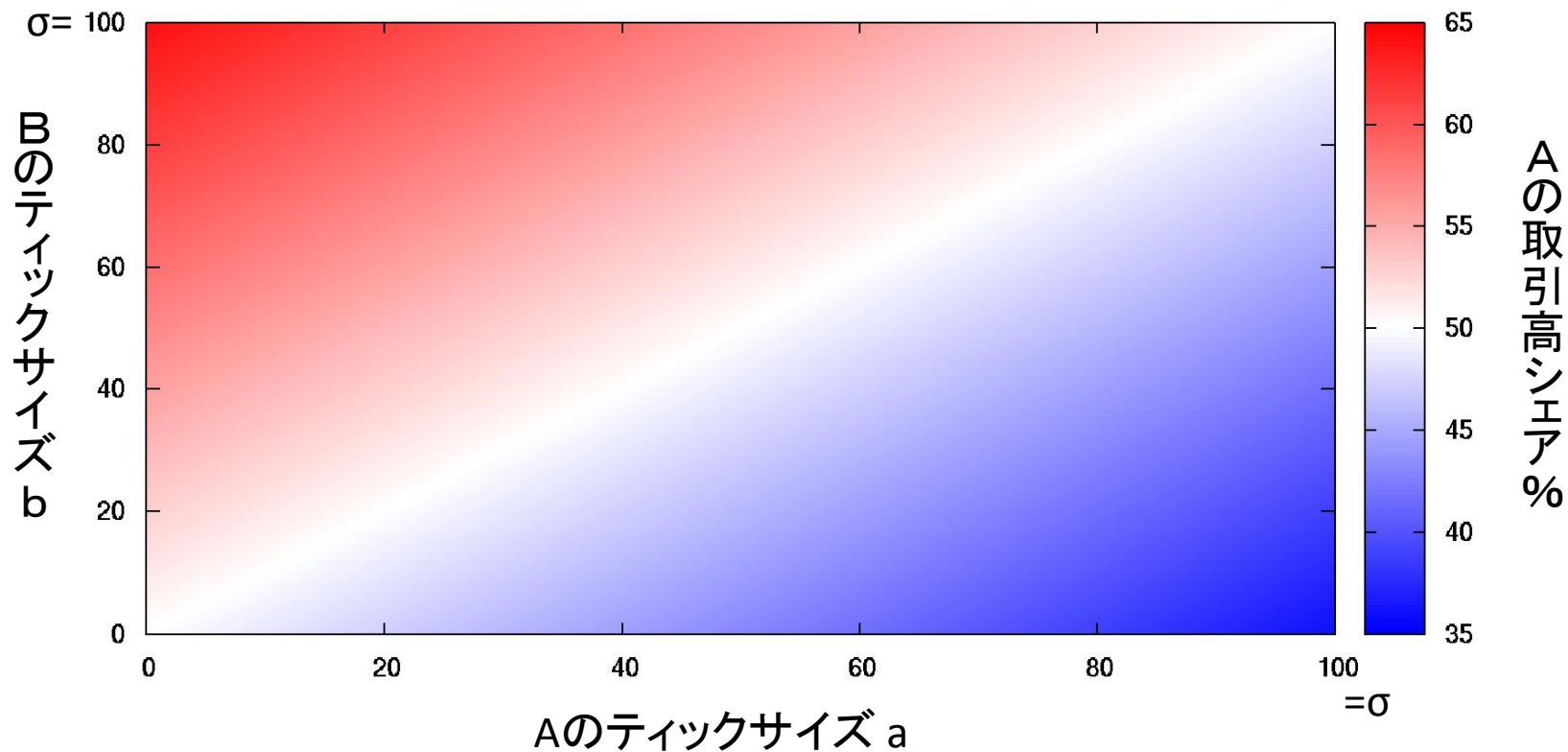
($a, b \ll \sigma$ のとき、
 σ は $S(x)$ の標準偏差)

解析解

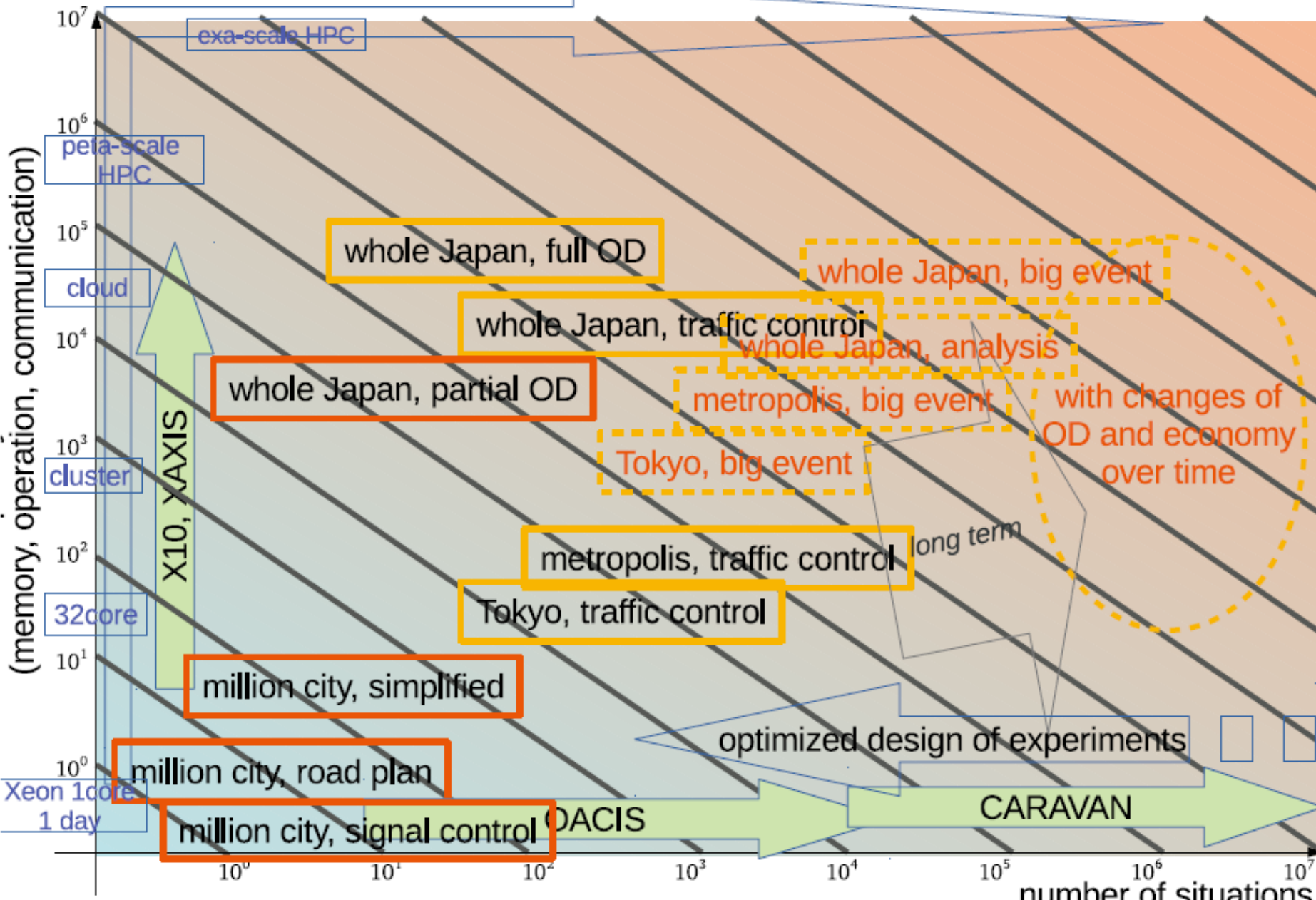
Aの取引高シェア

$$\frac{1}{2} - \frac{1}{4\sqrt{\pi\sigma^2}}(a - b)$$

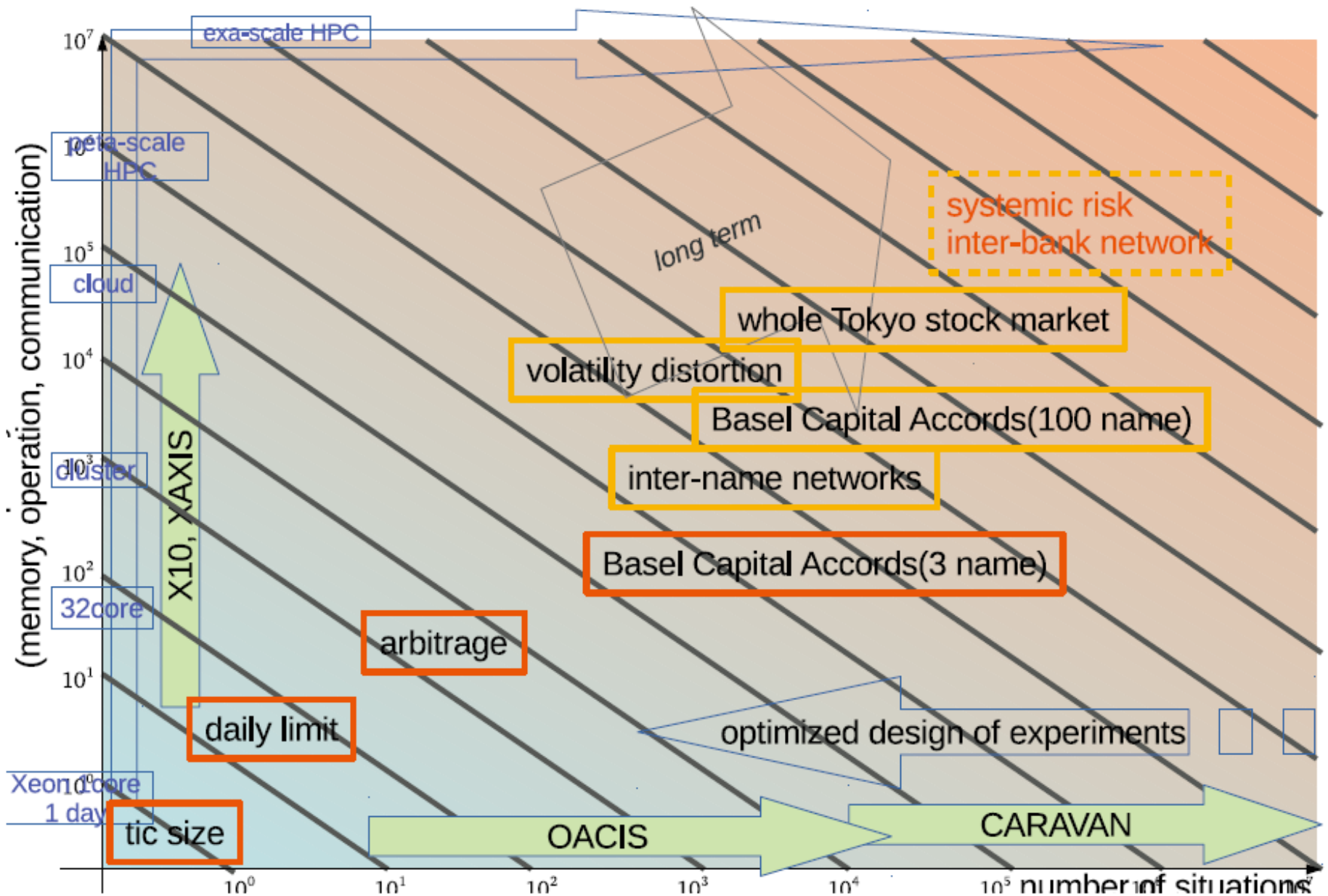
注文をふる際の正規分布G(x)
の標準偏差 $\sigma=100$



Roadmap of traffic simulations



Roadmap of securities market simulations



Roadmap of evacuation simulations

