補足資料

S1. 数理的仕様

S1.1 翻訳確率

CVC ユニットが発見したベンチャー企業の技術を親企業の文脈に翻訳することに成功する確率 P は、技術的距離 d と吸収能力 A_t の関数として以下のように定義される。

$$P = (\pi \times A_t) / (A_t + d) \tag{1}$$

π は翻訳確率の上限(= 0.8)、A_t は tick t における吸収能力、d は CVC とベンチャー企業間の技術的距離である。なお、ベンチャー企業の発見はエージェントの空間的移動によって決まり、本式とは独立のプロセスである。

S1.2 正当性ダイナミクス

正当性 L_t は、可視性シグナルの観察を通じて更新される。

$$L_\{t+1\} = \mathrm{clip}[0,1](\rho \times L_t + \lambda+ \times \sqrt{(vis_succ)} - \lambda- \times \sqrt{(vis_fail)} - \lambda_cf \times 1\{CF < 0\}) \tag{2}$$

ρ は正当性の自然減衰率(= 0.999)、vis_succ および vis_fail はそれぞれ可視化された成功・失敗シグナルの数である。各翻訳イベントについて、成功は確率 q で可視化され、失敗は確率 κ × q(κ = 2)で可視化される。√(n)による集約は、同一期の複数報告から得られる情報量が件数に対して逓減することを反映している。

S1.3 吸収能力の学習

$$\Delta A = (1 - A_t) \times \sqrt{(d_bar)} \times (\eta_s \times succ_bar + \eta_f \times (1 - succ_bar)) \tag{3}$$

d_bar は当該 tick の平均技術距離、succ_bar は成功率。(1 − A_t)は天井効果、√(d_bar)は遠方での経験がより大きな認知的拡張をもたらすことを反映する。

S1.4 戦略的リターン

$$SR = V \times \exp(-\lambda_sr \times d) \times (1 + b \times d) \times L_t \tag{4}$$

V はベンチャー企業の価値であり、距離依存的な対数正規分布から抽出される。

$$\sigma(d) = \sigma_base + \sigma_dist \times d, \quad V = \exp(\mathrm{Normal}(0, \sigma(d)^2)) \tag{5}$$

S1.5 財務キャッシュフロー

$$CF_t = \Sigma(succ_i \times V_i) - \Sigma\, cost(d_i, L_t) \tag{6}$$

S1.6 投資コスト

$$\mathrm{cost}(d, L) = c_0 \times d \times \max(0, 1 - \gamma \times L) \tag{7}$$

S1.7 退出条件

$$L_t < L_{\min} \text{ for } W \text{ consecutive ticks} \rightarrow \text{terminated} \tag{8}$$

S2. 変数一覧

本文および上記の数式で使用する主要変数の定義は各式の説明に含まれている。

S3. パラメーター一覧

Table S2: モデルパラメーター一覧(ベースライン値と設定根拠)

記号	パラメータ名（ベースライン値）	説明と設定根拠
ρ	正当性減衰率 (0.999)	半減期約 693 tick。シグナルがなくても正当性は緩やかに減衰する。
q	可視化率 (0.20)	各翻訳イベントが外部に可視化される確率。
κ	ネガティビティ・バイアス (2.0)	失敗の可視化確率の倍率。Baumeister et al. (2001)に基づく。
λ+	正のシグナル重み (0.08)	√(vis_succ)あたりの正当性上昇幅。ロバストネス: 0.04, 0.12。
λ−	負のシグナル重み (0.06)	λ+×0.75。κ=2 との総合バイアス=1.5。
λ_cf	CF 罰則重み (0.03)	λ−×0.5。財務赤字時の正当性罰則。
L_min	最低正当性 (0.15)	生存に必要な正当性の下限値。
W	退出猶予期間 (15)	L_min 未満の連続 tick 数で退出。ロバストネス: 5, 30。
A_init	初期吸収能力 (0.2)	ロバストネス: 0.0 から 0.9 まで 9 段階。
L_init	初期正当性 (0.5)	設立直後の中立的な経営支持水準。
π	翻訳確率上限 (0.8)	不確実性により 100%の成功は保証されない。
h_s	成功半学習回数 (10)	η_s≈0.067。成功からの学習は失敗の約 2 倍速い (Madsen & Desai, 2010)。
h_f	失敗半学習回数 (20)	η_f≈0.034。遠方の失敗は√(d_bar)で増幅。
σ_base	基本価値分散 (0.5)	近傍でも一定のばらつきを持つ。
σ_dist	距離価値分散 (1.0)	遠方ほど分散増大。Fleming (2001)に対応。
d_half	戦略割引半減距離 (0.3)	λ_sr=ln(2)/0.3≈2.31。距離 0.3 で戦略価値が半減。
b	ブレークスルー係数 (1.5)	d=0.5 で SR が 1.75 倍に増幅。
c_0	基本コスト (0.3)	投資 1 件あたりのコスト係数。

γ	正当性コスト割引 (1.0)	正当性が高いほどコスト低下。
n	CVC 担当者数 (5)	毎期 1 回移動し最大 1 件発見。
D_boundary	探索境界 (0.2)	ロバストネス: 0.1, 0.3。
τ	切替タイミング (0.5)	ロバストネス: 0.3, 0.7。
max_ticks	シミュレーション長 (200)	CVC プログラムのライフサイクル。
startup_rate	出現率 (100)	tick 当たりの新規ベンチャー企業数。ロバストネス: 50, 200。
startup_lifetime	存続期間 (5)	未発見時の消滅までの tick 数。
grid_half	グリッド半幅 (50)	シミュレーション空間の半幅。

S4. シミュレーション・アルゴリズム

以下にエージェントベース・シミュレーションの各 tick における処理手順を示す。

Algorithm 1: CVC 探索シミュレーション(1 tick)

1. ベンチャー企業の生成と消滅: startup_rate 個の新規ベンチャー企業をグリッド上のランダムな位置に配置し、式(5)から価値 V を割り当てる。startup_lifetime tick を超えた既存企業を除去する。

2. 探索ゾーンの決定: 現在の戦略と経過 tick に基づき探索対象ゾーンを決定する。staged および reverse では $\tau \times$ max_ticks tick 目でゾーンを切り替える。

3. エージェントの移動と発見: n 人の CVC 担当者が各自 1 回移動する。近傍モードでは近傍ゾーン内の小幅ランダムウォーク、遠方モードでは遠方ゾーン内の未発見ベンチャー企業へのジャンプを行う。移動先に未発見のベンチャー企業がいれば発見する(1 tick あたり最大 1 件)。

4. 翻訳の判定: 式(1)により翻訳成功確率 P を計算し、ベルヌーイ試行で成功/失敗を決定する。

5. 可視性シグナルの生成: 成功は確率 q で、失敗は確率 $\kappa \times q$ で可視化される。

6. 財務キャッシュフローの計算: 式(6)(7)により CF_t を算出する。

7. 戦略的リターンの計算: 翻訳成功案件について式(4)により SR_t を算出する。

8. 正当性の更新: 式(2)により L_t を更新する。

9. 吸収能力の更新: $N_t > 0$ の場合、式(3)により A_t を更新する。$N_t = 0$ の場合は学習なし。

10. 退出判定: 式(8)の条件を確認する。

11. 記録: 当該 tick の全状態変数を記録する。

上記を max_ticks 回繰り返すか退出条件充足まで実行する。ベースラインは各戦略 100 回、ロバストネスは各条件×各戦略 100 回を独立に実施した。

S5. ロバストネス分析の詳細結果

6 つのパラメータについて複数の条件値を設定し、合計約 7,200 回の追加シミュレーションを実施した。Table S3 に各条件における 4 戦略の平均生存期間と戦略間比較の結果を示す。

Table S3: 段階的拡張 vs 遠方固定：ロバスト条件別の平均生存期間

Parameter	Value	Staged	Far-Only	Cliff's d	
τ (switch)					
	0.3	72.0 (31.9)	22.1 (6.4)	+0.915	***
	0.5	117.7 (54.3)	22.6 (7.1)	+0.921	***
	0.7	127.2 (73.8)	22.3 (6.3)	+0.917	***
D (boundary)					
	0.1	109.4 (42.1)	23.1 (8.0)	+0.977	***
	0.2	112.3 (56.9)	22.6 (8.8)	+0.931	***
	0.3	72.9 (54.5)	20.8 (4.2)	+0.828	***
α (signal)					
	0.04	140.1 (50.6)	31.4 (10.0)	+0.968	***
	0.08	106.9 (54.0)	21.3 (5.4)	+0.945	***
	0.12	96.5 (54.2)	21.5 (9.6)	+0.856	***
W (patience)					
	5	78.4 (59.1)	10.5 (3.6)	+0.917	***
	15	111.6 (58.9)	22.4 (6.2)	+0.923	***
	30	156.6 (47.3)	49.4 (36.1)	+0.878	***
A_0 (init.)					
	0.0	17.4 (1.9)	17.3 (1.8)	+0.032	**n.s.**
	0.1	59.4 (48.4)	19.3 (4.1)	+0.881	***
	0.2	113.5 (58.4)	21.7 (6.7)	+0.929	***
	0.3	141.4 (43.5)	26.2 (10.8)	+0.966	***
	0.5	149.2 (40.2)	32.8 (18.3)	+0.963	***
	0.7	169.0 (29.8)	39.9 (20.0)	+0.975	***
	0.9	171.9 (27.7)	52.5 (32.1)	+0.942	***
Market rate					
	50	89.2 (51.8)	21.8 (8.7)	+0.921	***
	100	112.2 (57.3)	22.9 (13.3)	+0.921	***
	200	102.4 (58.7)	21.5 (7.3)	+0.888	***

Result: 23/24 significant ($p < .001$), all $d \geq 0.828$ (LARGE)

Note. Mean survival (SD). Only exception: $A_0 = 0$ (zero capability → both fail).

*** $p < .001$. n.s. = not significant.

Table S4. 近傍固定 vs 段階的拡張：条件依存的な差異（各セル n = 100）

Parameter	Value	Near-Only	Staged	Cliff's d	
τ (switch)					
	0.3	135.9 (77.1)	72.0 (31.9)	+0.386 M	***
	0.5	147.0 (74.2)	117.7 (54.3)	+0.396 M	***
	0.7	133.5 (78.4)	127.2 (73.8)	+0.212 S	**
D (boundary)					
	0.1	127.8 (69.7)	109.4 (42.1)	+0.147	**n.s.**
	0.2	130.3 (80.3)	112.3 (56.9)	+0.239 S	**
	0.3	95.9 (78.3)	72.9 (54.5)	+0.146	**n.s.**
α (signal)					
	0.04	172.3 (58.0)	140.1 (50.6)	+0.475 L	***
	0.08	117.0 (81.3)	106.9 (54.0)	+0.110	**n.s.**
	0.12	138.4 (80.4)	96.5 (54.2)	+0.409 M	***
W (patience)					
	5	79.4 (79.6)	78.4 (59.1)	−0.029	**n.s.**
	15	140.8 (77.3)	111.6 (58.9)	+0.340 M	***
	30	176.3 (53.3)	156.6 (47.3)	+0.429 M	***
A_0 (initial)					
	0.1	52.0 (57.2)	59.4 (48.4)	−0.197†	*
	0.2	148.2 (76.6)	113.5 (58.4)	+0.405 M	***
	0.5	188.5 (42.2)	149.2 (40.2)	+0.715 L	***
	0.9	200.0 (0.0)	171.9 (27.7)	+0.670 L	***
Market rate					
	50	116.1 (75.4)	89.2 (51.8)	+0.205 S	*
	100	138.3 (77.5)	112.2 (57.3)	+0.321 S	***
	200	147.2 (75.1)	102.4 (58.7)	+0.483 L	***

Note. † Staged outperforms Near (negative d). L/M/S = Large/Medium/Small effect.
*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$, n.s. = not significant.

Table S5. 初期吸収能力が戦略間の成績に与える影響（各セル n = 100）

	Near-Only		Staged		Far-Only	
A_0	Surv.	%	Surv.	%	Surv.	%
0.0	18.1 (3.9)	0	17.4 (1.9)	0	17.3 (1.8)	0
0.1	52.0 (57.2)	12	59.4 (48.4)†	0	19.3 (4.1)	0
0.2	148.2 (76.6)	68	113.5 (58.4)	8	21.7 (6.7)	0
0.3	167.0 (64.0)	78	141.4 (43.5)	9	26.2 (10.8)	0
0.5	188.5 (42.2)	93	149.2 (40.2)	16	32.8 (18.3)	0
0.7	200.0 (0.0)	100	169.0 (29.8)	21	39.9 (20.0)	0
0.9	200.0 (0.0)	100	171.9 (27.7)	33	52.5 (32.1)	2

Note. Mean survival time (SD). % = survival rate. † Staged outperforms Near-Only ($p < .05$).

主要な知見

第一に、段階的拡張はA_init = 0.0の条件を除く24/25条件(ベースライン含む)において遠方固定を有意に上回った(全 p < .001、Cliff's d > 0.83の大効果量)。A_init = 0.0では全戦略が早期退出となり有意差は検出されなかった。反転も同様に、ほぼ全条件で段階的拡張に有意に劣後した。

第二に、近傍固定と段階的拡張の比較は文脈依存的であった。25 条件中、近傍固定が有意に上回ったのは19条件､段階的拡張が有意に上回ったのは1条件(A_init = 0.1: 生存59.4期 vs 52.0期、p < .05)、有意差なしが5条件(W = 5、D-boundary = 0.1、D-boundary = 0.3、 λ_+ = 0.08、A_init = 0.0)であった。

第三に、τ = 0.7が段階的拡張にとって最も有利な切替タイミングであり、生存率21%、累積CF 437.1を達成した(Table S6)。τ = 0.3では生存率0%であり、近傍フェーズを長くとることの重要性が確認された。

第四に、組織の猶予期間 W の増大は段階的拡張に不均衡に大きな恩恵をもたらした(Table S5)。W = 5からW = 30への変化で段階的拡張の生存率は2%から31%に改善したのに対し、遠方固定はW = 30でも3%にとどまった。

第五に、初期吸収能力が高い場合(A_init ≥ 0.5)、反転型の生存率が3〜7%に上昇し遠方固定(0%)を上回った(Table S4)。初期能力が高いと遠方でもある程度の翻訳成功が得られ、後半の近傍フェーズで若干の正当性回復が起きたためと解釈される。ただし段階的拡張の 16〜33%と比べれば依然として大幅に低い。

第六に、市場のダイナミズム(startup-rate)は戦略間の優劣関係に大きな影響を与えなかった。出現率 50・100・200 のいずれにおいても段階的拡張は遠方固定を有意に上回った。