

2010年度「地域開発論回(後半)」 第2回「技術普及」

2010年12月2日

有本寛
(一橋大学)

メニュー

1. 技術普及のハードルを洗い出す
2. 収益性と技術普及 (Duflo et al, 2008)
3. 肥料を買うコミットメント (Duflo et al, 2009)
4. 社会的学習 (Conley and Udry, 2010)
5. 日本の経験

農業における技術普及

- 新品種，新作目
- 肥料，農薬，殺虫剤
- 農法
- 農業機械

なぜ新技術を採用しないのか？

- そもそもどういうものか知らない(経験財)
- 実はメリットがない(収益性が低い)
 - 新技術が高い
 - 収益性が気象や土地に依存
- 採用するリスクが高い
- 信用制約
- 先送り(肥料を買うお金を使ってしまう)
- 新技術が信用できない(不良品のおそれ)

Duflo, Kremer, Robinson (2008) AER

- アフリカの農業技術採択（新品種，肥料）
- ケニアの事例：
 - ハイブリッド種＋肥料 → 40～100%反収UP
 - にもかかわらず，採択率60%
 - スイッチング（使ったりやめたり）
- なぜか？
 - 新技術は実はあまり利益にならない？

実験

- 各農家の圃場で、隣接する3区画を設定
 - 第1区画：追肥
 - 第2区画：ハイブリッド種＋元肥 (full package)
 - 第3区画：コントロール (通常通り)
- 6耕作期に渡って実験
- 肥料投入量にバリエーションをつける
 - 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$

結果

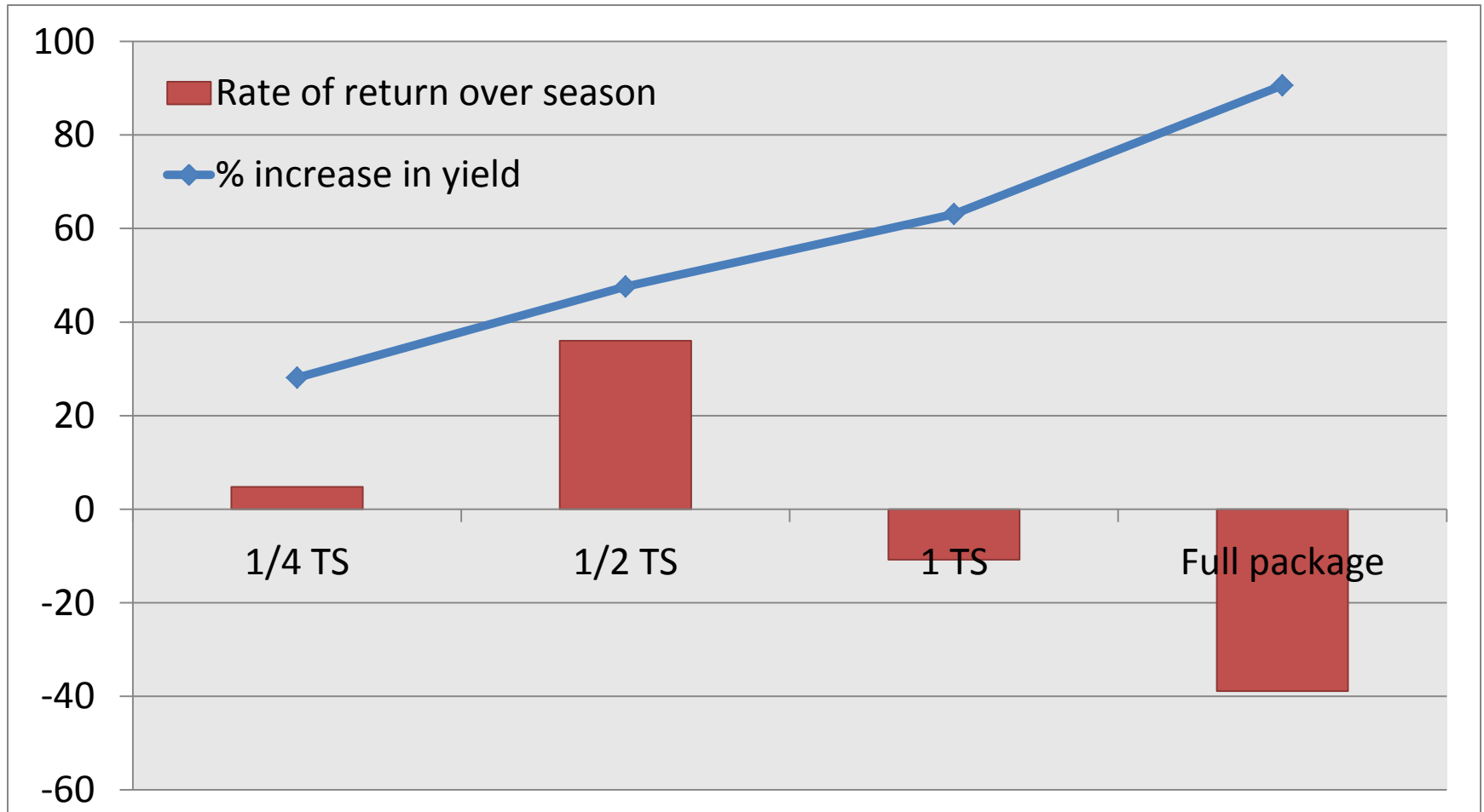
TABLE 1—RETURNS TO FERTILIZER

	Mean (1)	Median (2)	Std. error (3)	Obs. (4)
<i>Panel A. ¼ Teaspoon Top Dressing Fertilizer</i>				
Percentage increase in yield	28.1	8.9	6.8	112
Rate of return over the season	4.8	−27.7	38.8	112
Annualized rate of return (at the mean and median)	8.4	−42.6		112
<i>Panel B. ½ Teaspoon Top Dressing Fertilizer</i>				
Percentage increase in yield	47.6	24.3	6.1	200
Rate of return over the season	36.0	23.9	16.9	202
Annualized rate of return (at the mean and median)	69.5	44.4		202
<i>Panel C. 1 Teaspoon Top Dressing Fertilizer</i>				
Percentage increase in yield	63.1	30.6	8.2	273
Rate of return over the season	−10.8	−16.9	8.4	274
Annualized rate of return (at the mean and median)	−17.8	−27.3		274
<i>Panel D. Full Package Recommended by Ministry of Agriculture</i>				
Percentage increase in yield	90.6	48.7	15.4	82
Rate of return over the season	−38.9	−49.4	10.4	85
Annualized rate of return (at the mean and median)	−48.2	−59.7		85

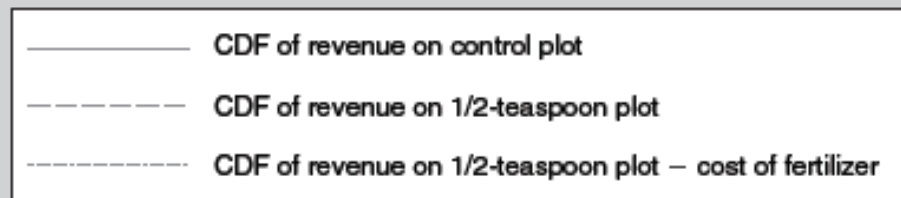
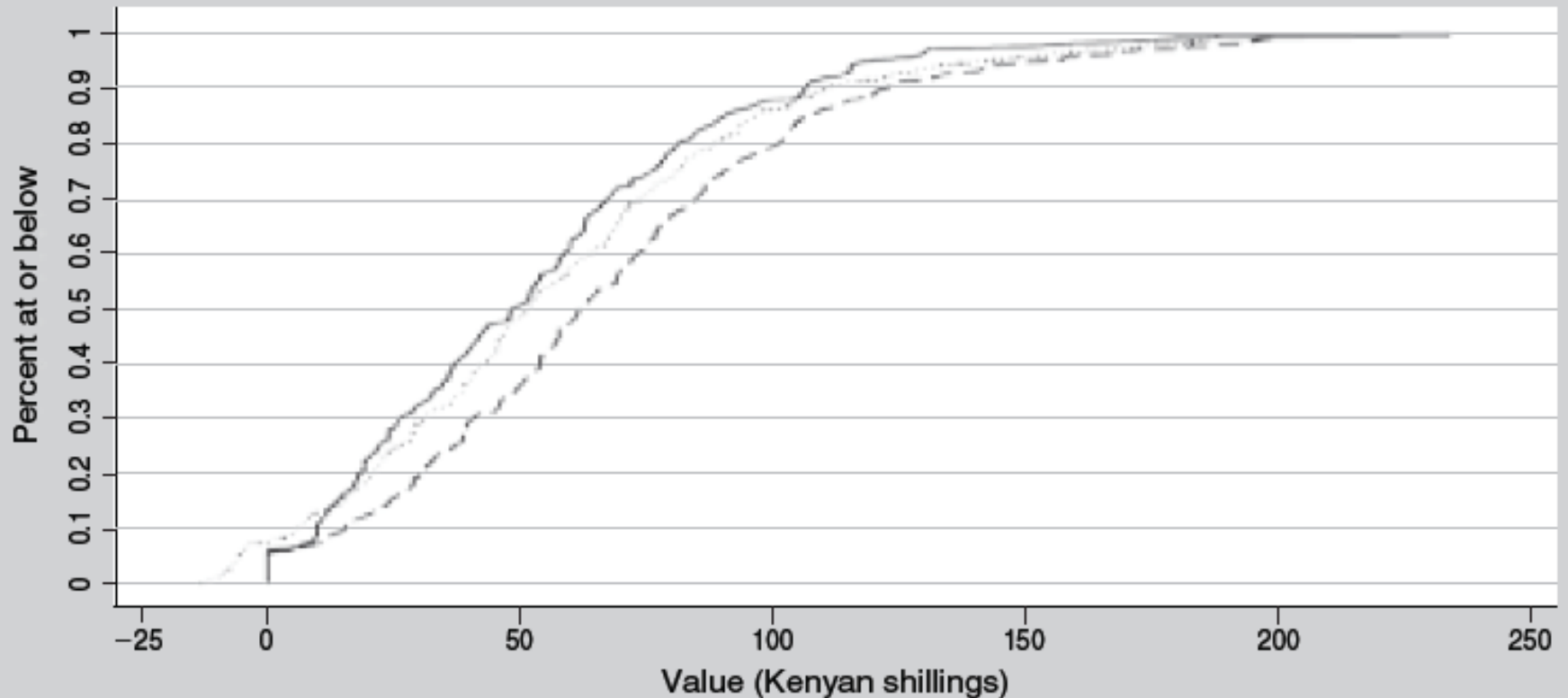
Notes: See text for description of rate-of-return calculation. The rates of return are annualized at the mean and median raw return. The official package recommended by the Ministry of Agriculture includes planting fertilizer, fertilizer at top dressing, and hybrid seeds.

肥料投入量別の収益性

Duflo et al (2008), Table 1



肥料のコストを差し引くと 常にprofitableとは限らない



肥料投入と投入収益率

TABLE 2—CROSS-SECTIONAL RELATIONSHIP BETWEEN RETURNS TO TOP DRESSING AND BASE RETURNS

	(1)	(2)	(3)	(4)
Weight of maize on control plot			−0.028 (0.039)	−0.188 (0.124)
Indicator for long rains season			−2.479 (1.506)	
Education	0.019 (0.071)	−0.275 (0.370)	0.01 (0.071)	
Income in past month (in 1,000 Kenyan shillings)	0.000 (0.066)	0.102 (0.261)	0.002 (0.066)	
Household had ever used fertilizer before	0.578 (0.545)	5.984 (3.020)*	0.591 (0.543)	
House has mud walls	0.353 (0.802)	4.400 (4.097)	0.308 (0.801)	
Acres of land owned	−0.005 (0.045)	0.027 (0.170)	−0.010 (0.045)	
Rate of return in previous demonstration		−0.312 (0.820)		
School controls	YES	YES	YES	NO
Individual fixed effects	NO	NO	NO	YES
Observations	323	59	323	122
<i>p</i> -value for joint significance of school controls	0.16	0.04	0.10	
R-squared	0.08	0.23	0.09	0.04

結論

- 肥料投入の収益率は、投入量にsensitive
- 投入量が適正でも収益が負になるリスク
- 肥料投入の収益性を決める要因はほとんど特定できなかった
- 最適投入量を知るのは容易ではない
 - 試行錯誤が必要
 - 社会的学習

先送り？

- Duflo, Kremer, Robinson (2009) NBER WP
- 技術採用しないもう一つの理由：先延ばし
- 肥料を使った農家は4割（直近2期では29%）
- 理由：肥料を買うお金がない（79%）
 - しかし、実際は肥料は少量でも買える
- 肥料を買おうと思って貯金しようとするが・・・
 - 実験参加農家の97.7%は次期に使うと表明
 - 実際に計画通り使ったのは36.8%

収穫後すぐに肥料を売ると 採用率が上がる

Table 2. Adoption for Parents Sampled for SAFI & Subsidy Programs

	Used Fertilizer Season 1		Used Fertilizer Season 2		Used Fertilizer Season 3	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
SAFI Season 1	0.114 (0.035)***	0.143 (0.038)***	0.007 (0.041)	0.007 (0.044)	0.006 (0.037)	0.01 (0.041)
Starter Kit Farmer	0.059 (0.042)	0.080 (0.046)*	0.024 (0.047)	0.005 (0.051)	-0.009 (0.043)	-0.027 (0.048)
Starter Kit Farmer * Demonstration Plot School	-0.026 (0.060)	-0.061 (0.066)	0.024 (0.068)	-0.005 (0.075)	0.004 (0.063)	-0.031 (0.070)
Demonstration Plot School	0.006 (0.314)	0.441 (0.435)	0.362 (0.460)	0.464 (0.463)	0.362 (0.335)	0.437 (0.465)
Household had Used Fertilizer Prior to Season 1	0.369 (0.031)***	0.315 (0.035)***	0.319 (0.035)***	0.284 (0.040)***	0.281 (0.033)***	0.251 (0.037)***
Male		0.012 (0.033)		0.014 (0.037)		0.026 (0.034)
Home has mud walls		-0.193 (0.081)**		-0.183 (0.091)**		-0.021 (0.085)
Education primary respondent		0.004 (0.004)		-0.004 (0.005)		0.015 (0.005)***
Income in past month (in 1,000 Kenyan shillings)		0.004 (0.003)		0.006 (0.003)**		0.002 (0.003)
Observations	876	716	756	626	902	734

Conley and Udry (2010) AER

- ガーナのパイナップル農家の肥料投入
 - 対象: 47農家, 107回の肥料投入
- 他人の「試行錯誤」→ 肥料投入行動
- 社会的学習の識別の難しさ
 - Manski's “Reflection problem”

理論

- 生産関数

$$y_{i,t+5} = w_{i,t}(f(x_{i,t}) + \varepsilon_{i,t+5}),$$

- $w_{i,t}$: 生産条件

- $x_{i,t}$: 投入

- 最適肥料投入量

$$E_{i,t}(\pi_{i,t+5}(x_{i,t})) = w_{i,t}f_{i,t}(x_{i,t}) - x_{i,t} \geq w_{i,t}f_{i,t}(\tilde{x}) - \tilde{x}, \text{ all } \tilde{x}.$$

- 生産関数に関する予測の変化:

$$\Delta \hat{f}_{i,t}(x_{j,t-5}) \equiv f_{i,t}(x_{j,t-5}) - \hat{f}_{i,t_p}(x_{j,t-5})$$

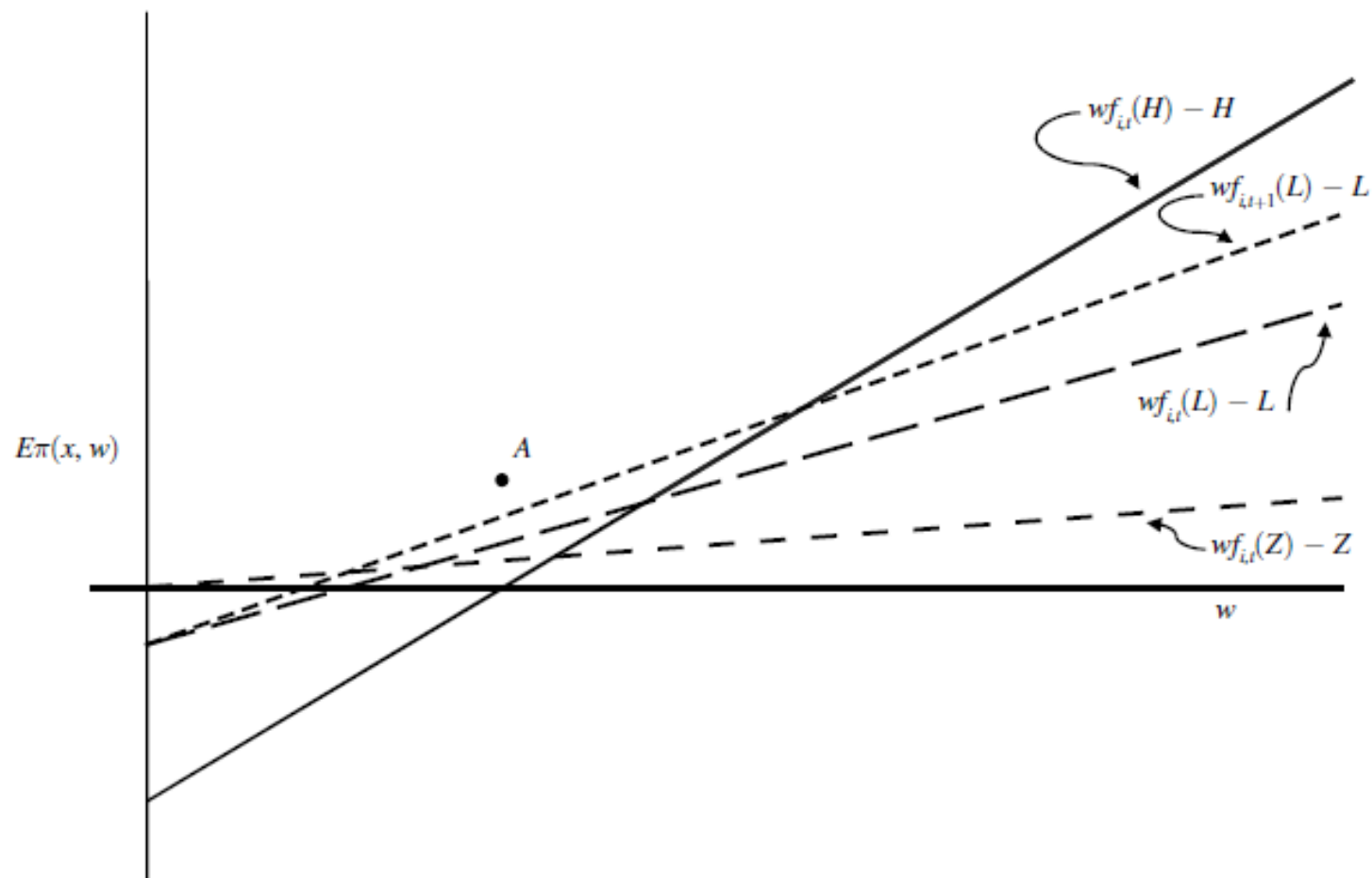


FIGURE 1. UPDATING PRODUCTIVITY KNOWLEDGE GRAPH

予想の更新に関する仮定

$$\Delta \hat{f}_{i,t}(x_{j,t-5}) \equiv f_{i,t}(x_{j,t-5}) - \bar{f}_{i,t_p}(x_{j,t-5})$$

1. $\Delta f_{i,t}$ と $\pi_{i,t}(x_{j,t-5}) - E_{i,t_p} \pi_{j,t}(x_{j,t-5})$ は同符号
2. $\Delta f_{i,t}$ は経験を積むにつれて小さくなる
3. $\Delta f_{i,t}(x) = 0, \forall x \neq x_{j,t-5}$

理論的含意

- 予想外に良い試行結果なら, 肥料を増やす
- 予想外に悪い試行結果なら, 肥料を減らす
- 経験を積むにつれて学習効果は小さくなる

$$\Delta x_{i,t} = 1\{\pi_{j,t}(x_{j,t-5}) - E_{i,t_p}(\pi_{j,t}(x_{j,t-5})) > c_{i,t}(x_{j,t-5})\}(x_{j,t-5} - x_{i,t_p}),$$

ネットワークと情報

- 各農家につき、ランダムに同じ村の住人7人
を示し、彼／彼女に営農上のアドバイスを請
うたか聞いた
- Index of good news input levels

$$M_{i,t_c} \equiv \frac{1}{Experience_{i,t_c}} [1\{\pi_{j,t+5}(x_{j,t}) - \hat{E}_{i,t_p}(\pi_{j,t+5}(x_{j,t})) > 0\}](x_{j,t} - x_{i,t_p}).$$

ネットワークと情報

TABLE 2—INFORMATION CONNECTIONS BY COHORT OF PINEAPPLE ADOPTION
(*Proportion of pairs of individuals in each other's information neighborhood*)

	Not farming pineapple	Novice pineapple farmer	Veteran pineapple farmer	Neighborhood metric
Not farming pineapple	0.02	0.02	0.07	Response to “Have you ever gone to _____ for advice about your farm?”
Novice pineapple farmer	0.02	0.09	0.13	
Veteran pineapple farmer	0.03	0.13	0.21	

肥料の使用変化と情報

TABLE 3—TRANSITIONS IN FERTILIZER USE AND RECEIPT OF INFORMATION
(Proportion of pairs of individuals in each other's information neighborhood)

		Current fertilizer use	
		Zero	Positive
Previous fertilizer use	Zero count	49	12
	Avg $M_{i,t}$	0.443	0.86
	Avg $s(bad, x = x_{i,previous})$	0.029	0.264
	Positive count	17	29
	Avg $M_{i,t}$	−3.301	−0.025
	Avg $s(bad, x = x_{i,previous})$	0.059	0.008

Notes: Count is the number of transitions in each category Avg $M_{i,t}$: within-cell average of $M_{i,t}$, our index of good news input levels Avg $s(bad, x = x_{i,previous})$: within-cell average of the share of plots observed by i that had bad news about the input level he used in his previous planting.

分析(1) : Logit

- Logit:

$$\Pr\{\Delta x_{i,t} \neq 0\} = \Lambda \left[\begin{array}{l} \alpha_1 s(\text{good}, x = x_{i,t_p}) + \alpha_2 s(\text{good}, x \neq x_{i,t_p}) \\ + \alpha_3 s(\text{bad}, x = x_{i,t_p}) + \alpha_4 s(\text{bad}, x \neq x_{i,t_p}) \\ + \alpha_5 \tilde{\Gamma}_{i,t} + z'_{i,t} \alpha_6 \end{array} \right].$$

情報と肥料投入変化の関係

情報	$Pr \{ \Delta x_{i,t} \neq 0 \}$ への効果	
good($x = x_{i,t_p}$)	－	とどまるべき
good($x \neq x_{i,t_p}$)	＋	x めがけて変更すべき
bad ($x = x_{i,t_p}$)	＋	x を減らすべき
bad ($x \neq x_{i,t_p}$)	－	x の選択とは無関係

肥料の使用変化の決定要因

	A	B	C
	Dependent variable: Indicator for change between zero and positive	Dependent variable: Indicator for $ change $ $> 1Cedi/Plant$	Dependent variable: Indicator for nonzero change in fertilizer
Good news at previous input use $s(good, x = x_{i,previous})$	-0.94 (1.24) [-0.04]	-0.08 (0.95) [-0.01]	-0.34 (0.84) [-0.03]
Good news at alternative fertilizer use $s(good, x \neq x_{i,previous})$	1.15 (0.81) [0.03]	1.64 (0.78) [0.09]	2.35 (1.80) [0.14]
Bad news at lagged fertilizer use $s(bad, x = x_{i,previous})$	6.38 (2.86) [0.15]	4.32 (1.93) [0.20]	4.16 (1.80) [0.22]
Bad news at alternative fertilizer use $s(bad, x \neq x_{i,previous})$	-6.72 (3.04) [-0.09]	-5.90 (2.57) [-0.15]	-3.05 (1.85) [-0.09]
Ave. abs. dev. from geog. neighbors' fertilizer use [Γ_{it}]	0.09 (0.10) [0.07]	0.15 (0.07) [0.24]	0.08 (0.04) [0.15]
Novice farmer	2.32 (0.75) [0.26]	1.97 (0.89) [0.43]	1.22 (0.92) [0.30]
Talks with extension agent	-0.48 (0.61) [-0.05]	-1.35 (0.67) [-0.29]	-1.38 (0.76) [-0.34]
Wealth (million cedis)	0.20 (0.10) [0.06]	0.18 (0.13) [0.10]	0.10 (0.12) [0.06]
Clan 1	1.62 (1.14) [0.18]	1.59 (1.10) [0.35]	2.15 (1.03) [0.54]
Clan 2	4.54 (1.45) [0.51]	2.15 (1.23) [0.47]	2.51 (0.99) [0.63]
Church 1	1.84 (0.93) [0.21]	-0.29 (0.73) [-0.06]	-0.24 (0.77) [-0.06]

肥料の使用変化の決定要因

	A	B	C
	Dependent variable: Indicator for change between zero and positive	Dependent variable: Indicator for $ change $ $> 1Cedi/Plant$	Dependent variable: Indicator for nonzero change in fertilizer
Good news at previous input use $s(good, x = x_{i,previous})$	-0.94 (1.24) [-0.04]	-0.08 (0.95) [-0.01]	-0.34 (0.84) [-0.03]
Good news at alternative fertilizer use $s(good, x \neq x_{i,previous})$	1.15 (0.81) [0.03]	1.64* (0.78) [0.09]	2.35 (1.80) [0.14]
Bad news at lagged fertilizer use $s(bad, x = x_{i,previous})$	6.38* (2.86) [0.15]	4.32* (1.93) [0.20]	4.16* (1.80) [0.22]
Bad news at alternative fertilizer use $s(bad, x \neq x_{i,previous})$	-6.72* (3.04) [-0.09]	-5.90* (2.57) [-0.15]	-3.05* (1.85) [-0.09]
Ave. abs. dev. from geog. neighbors' fertilizer use $[\Gamma_{i,t}]$	0.09 (0.10) [0.07]	0.15* (0.07) [0.24]	0.08 (0.04) [0.15]
Novice farmer	2.32 (0.75) [0.26]	1.97* (0.89) [0.43]	1.22 (0.92) [0.30]
Talks with extension agent	-0.48 (0.61) [-0.05]	-1.35 (0.67) [-0.29]	-1.38 (0.76) [-0.34]

分析(2): 回歸

- Regression model:

$$\Delta x_{i,t} = \beta_1 M_{i,t} + \beta_2 \Gamma_{i,t} + z'_{i,t} \beta_3 + v_{i,t},$$

肥料の使用変化量の決定要因

	A	B	C	D	E	F
Index of good news input levels ($M_{i,t}$)	1.05 (0.20)					
$M_{i,t} \times$ novice farmer		1.07 (0.22)				
$M_{i,t} \times$ veteran farmer		-0.46 (0.34)				
Index of good news input levels by novice farmers			-0.05 (0.39)			
Index of good news input levels by veteran farmers			1.05 (0.20)			
Index of good news input levels by farmers with same wealth				1.06 (0.22)		
Index of good news input levels by farmers with different wealth				-0.32 (0.32)		
Index of good news input levels on big farms					1.17 (0.19)	
Index of good news input levels on small farms					0.92 (0.20)	
Index of good news input levels, farmers with same soil						1.08 (0.23)
Index of good news input levels, farmers with different soil						0.93 (0.22)
Novice farmer		3.97 (2.67)	4.03 (2.68)	4.02 (2.67)	3.96 (2.69)	3.94 (2.77)
Avg. dev. of geog. neighbors from previous use [$\Gamma_{i,t}$]	0.52 (0.07)	0.56 (0.08)	0.56 (0.08)	0.57 (0.08)	0.56 (0.08)	0.57 (0.08)
Avg. dev. of financial neighbors from prev. use	0.52 (0.59)	0.55 (0.57)	0.38 (0.58)	0.41 (0.54)	0.23 (0.62)	0.24 (0.61)
Village 1	-7.50 (1.22)	-8.09 (1.50)	-7.97 (1.42)	-8.10 (1.48)	-7.68 (1.39)	-7.79 (1.36)
Village 2	-0.47 (1.53)	-1.91 (2.07)	-1.94 (1.99)	-1.98 (2.07)	-1.60 (1.99)	-1.59 (2.03)
Wealth (million cedis)	0.10 (0.25)	0.41 (0.17)	0.36 (0.18)	0.40 (0.18)	0.24 (0.21)	0.26 (0.21)
Clan 1	-2.36 (1.41)	-2.44 (1.25)	-2.43 (1.27)	-2.32 (1.23)	-2.24 (1.28)	-2.33 (1.30)
Clan 2	-0.35 (1.44)	0.00 (1.35)	-0.10 (1.34)	-0.13 (1.35)	-0.26 (1.31)	-0.24 (1.31)
Church 1	0.13 (1.31)	0.63 (1.13)	0.48 (1.09)	0.41 (1.13)	0.69 (1.15)	0.74 (1.15)

肥料の使用変化量の決定要因

	A	B	C	D	E	F
Index of good news input levels ($M_{i,t}$)	1.05 (0.20)					
$M_{i,t} \times$ novice farmer		1.07★ (0.22)				
$M_{i,t} \times$ veteran farmer		-0.46 (0.34)				
Index of good news input levels by novice farmers			-0.05 (0.39)			
Index of good news input levels by veteran farmers			1.05★ (0.20)			
Index of good news input levels by farmers with same wealth				1.06★ (0.22)		
Index of good news input levels by farmers with different wealth				-0.32 (0.32)		
Index of good news input levels on big farms					1.17★ (0.19)	
Index of good news input levels on small farms					0.92★ (0.20)	
Index of good news input levels, farmers with same soil						1.08★ (0.23)
Index of good news input levels, farmers with different soil						0.93★ (0.22)

結論

- 前回使った同水準の試行で、予想外に悪い結果を知ると、肥料投入量を変化させる
- 前回使った水準より
 - 多い投入 → 良い結果 → 肥料投入増やす
 - 少ない投入 → 良い結果 → 肥料投入減らす
- 情報に対する反応度は、新参者ほど大きい
- ベテランや資産水準が似た学習先に対して、より反応する

日本の経験

- 化学肥料の導入と普及
 - 化学肥料の製造開始は1899年
 - 有機肥料→無機肥料への転換は1920年代半ば
- 農業技術の普及ルート

人造肥料の導入期

- 「人造肥料はその外見従来の肥料と甚だしく異り，恐らく当時の肥料概念を以てしては想像も及ばないものであって，化学肥料に対する智識の皆無なその頃の一般農家は勿論，肥料取扱業者すらこの新肥料を理解するに能はず」
- 「人造肥料の発売当時，こんな石か砂のやうなものを金を出して買うなどとは馬鹿げていると一笑に附された」

普及に向けた施策(1)

- 前提: 外的要因
 - 日清戦争(大豆粕輸入途絶)と北海道の不漁
- 広告
 - 官報への人造肥料の分析表と解説の掲載
 - 雑誌広告・記事

普及に向けた施策(2)

- マーケティング
 - 説明会の開催(新肥料の効用・施用方法を説く)
 - 農家への貸売の開始
 - 特約販売制度
 - 「販売者ノ説明ヲ信賴シテ肥料ノ購入ヲナス」
 - 初期の販売者: 有力農家, 老農, 肥料商, 他業種参入
 - 自家農場で使用し, 経験に基づいて普及活動
- メーカー間の競争 → 価格低下と流通網の再編

不正肥料問題(1)

- 不正・粗悪肥料
 - 土砂塵芥の混入
 - 偽装(砂や年度に油の臭いをつけて油粕とする)
- 背景
 - 配合肥料の普及
 - 肥料業者の新規参入

不正肥料問題(2)

- 公的な対策
 - 依頼分析制度(1893年)
 - 肥料取締法(1901年施行, 1908年改正):
 - 成分保証票の添付義務
 - 肥料製造・輸移入・販売の免許制
- 売り手・流通側の対応
 - 商標・ブランド, 依頼分析
 - 貸売(肥料前貸し・収穫後に代金回収)
- 買い手側の対応
 - 共同購入

明治農法の普及

- 明治農法＝経験的な在来農法（老農技術）
 - － 乾田馬耕と耕地整理・土地改良
 - － 肥料の多投（自給肥料，魚肥，大豆粕）
 - － 種子の選別，新品種（神力，亀の尾）の導入

農業技術の普及ルート

- 全国農談会，大日本農会
- 博覧会，共進会，品評会
- 「老農」を核とした農談会，種子交換会
- 試験田の見学
- 農事試験場，系統農会，技術普及員
- 中等実業教育

農会

- 農会＝地縁的な農業団体，農事改良組織
 - － 大日本農会設立（1881年）
 - － 農会法（1899年）；帝国農会法（1910年）
 - － 1943年に産業組合等と農業会に統合
- 特徴
 - － 加入：当初は任意．1922年新農会法→全加入へ
 - － 系統：帝国農会－府県－郡－町村－集落
 - － 財政基盤：国庫負担（助成金，補助金），会費強制徴収権（1922年）

農会の普及活動

- 町村農会の活動不振
 - 専任職員の設置(国庫補助＋会費強制徴収)
 - 集落レベルの下部組織(＝支農会)の設置
- 支農会の活動の例(秋田県西目村中沢支農会)
 - 集落内をさらに3つの実行組合に
 - 月1回以上の改善会(平均出席率61%)
 - 各種品評会・競技会;各種調査;共同購入
 - ただし, 最下層へは浸透し切らず

日本の経験からの含意(1)

- 売り手のマーケティング
 - 「買えるように売る」
- 政府の役割
 - 公的な技術開発・普及体制
 - 市場の整備・統治(各種取締制度)
- ネットワークを介した社会的学習(老農)
- 農会のきめ細かい普及活動

日本の経験からの含意(2)

- 売り手のマーケティングを活性化？
 - 売り手の販売インセンティブ
- きめ細かい普及活動を後押しするには？
 - 普及員のインセンティブ
 - 財政基盤の確立(国庫補助, 会費強制徴収)

文献

- Conley, Timothy G., Christopher R. Udry (2010) “Learning about a New Technology: Pineapple in Ghana,” *American Economic Review* 100(1):35-69.
- Duflo, Kremer, Robinson (2008) “[How High Are Rates of Return to Fertilizer? Evidence from Field Experiments in Kenya](#)” *American Economic Review* 98(2):482-488.
- Duflo, Kremer, Robinson (2009) “[Nudging Farmers to Use Fertilizer: Theory and Experimental Evidence from Kenya](#)” NBER Working Paper No. 15131.
- 大日本人造肥料株式会社(1936)『大日本人造肥料株式会社五十年史』
- 平井健介(2009)「日本植民地期台湾における肥料市場の展開と農会」慶應/京都連携グローバルCOEディスカッションペーパー, DP2009-014.
- 市川大祐(2001)「明治期人造肥料特約販売網の成立と展開—茨城県・千葉県地域の事例—」『土地制度史学』第173号, pp.33-47.
- 清川雪彦(1995)『日本の経済発展と技術普及』東洋経済新報社.
- 大鎌邦雄(1987)「[稲作技術開発・普及と系統農会](#)」『農業総合研究』第41巻第1号, pp.1-54.
- 高橋周(2009)「明治後半における不正肥料問題」社会経済史学会第78回全国大会パネル・ディスカッション報告