

# 途上国における社会ネットワーク の分析: マダガスカルにおける農 業新技術採択の事例から

栗田 匡相

関西学院大学 経済学部

Japanese Stata Users Group Meeting

2017年9月16日(土)

京都リサーチパーク サイエンスホール



## 目次

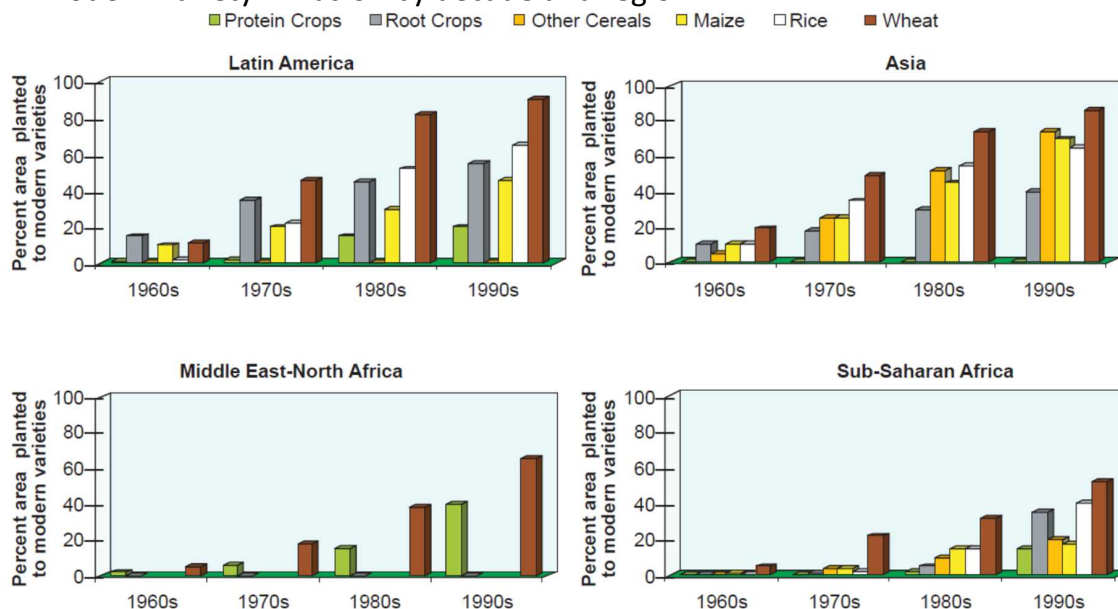
1. 農業の新技術採用における論点整理
2. 調査の概要
3. ネットワーク分析について
4. 分析結果1: 確率フロンティアモデルによる分析
5. 分析結果2: nwcommandsを用いたネットワーク分析
6. まとめ

# 農民の新技術採用における論点整理

## 農業新技術の普及

緑の革命において、農業の近代化がはかられ、ハイブリッド品種や化学肥料などの利用が途上国においても進む一方で、その広がりや地域によって大きく異なることが知られている。

図1. Modern Variety Diffusion by decade and region



# 農業新技術普及のばらつきを生みだしているのは？

## ①農業技術提供側の要因

インフラの未整備、新品種開発施設の不備、技術普及要員の不足など

## ②個人や世帯の異質性

人的資本蓄積の違い、信用制約の有無、家庭内での意思決定プロセスへの着目、etc...

## ③不確実性やリスクの存在

新技術が本質的にはらむ収益の不確実性やリスクへの対応として



# 農業新技術の普及阻害要因①

## ①農業技術提供側の要因

インフラの未整備、新品種開発施設の不備、技術普及要員の不足など

Datt and Ravallion(2002)やGhosh and De(2005)では、インドの州別データを用いインフラ整備の初期条件がその後の経済発展や貧困削減に影響を与えることを示唆している。またAsadullah and Yalonetzky(2011)では、教育機会の格差是正においても公共投資の重要性を説いている。また、道路などの運輸インフラの改善は、単なる利便性の改善だけではなく、都市と農村の労働市場をリンクさせ、貧困脱却、農村経済の活性化といった点からも重要である(Kochar(1999)、澤田(2000))。



# 農業新技術の普及阻害要因②

## ②個人や世帯の異質性

人的資本蓄積の違い、信用制約の有無、家庭内での意思決定プロセスへの着目、etc...

新技術の適応は、個人の人的資本蓄積、並びに家族の人的資本レベルにも影響をうける(Ersado et al(2013)、Reimets and Klasen(2013))。また、新技術の採用は多額の初期投資を必要とする事が多い。したがって信用市場へのアクセスの有無は技術採用行動の重要な決定要因となる(Binswanger and Shillers(1983)、Eswaran and Kotwal(1989)、Banerjee and Newman(1993)、Galor and Zeira(1993)、Foltz et al(2013))。世帯を異なる資産や選好を持つ世帯員による集合体として見なす集合体モデル(collective model)を支持する研究の蓄積も進んでいる(Doss, 2013)。



# 農業新技術の普及阻害要因③

## ③不確実性やリスクの存在

新技術が本質的にはらむ収益の不確実性やリスクへの対応として

新技術への投資は、典型的なハイリスク・ハイリターンへの投資と見なすことができるため、個人のリスク選好が技術導入決定に影響を及ぼす(宮田・澤田(2006))。

Rosenzweig and Binswanger (1993)では、天候のリスクが減少すると平均的に35%程度の増収が見込めることをインドの半乾燥地域のデータで明らかにしている。化学肥料などの投入にも、保険機能が働かない地域では、家計のリスク回避的な性向が投入回避的行動に結びついている(Christiaensen and Demery, 2007; Morris et al., 2007; Lamb, 2003; Stefan Dercon and Luc Christiaensen(2011))。



# ネットワークへの着目

以上の課題、とりわけ②個人や世帯の異質性、③不確実性やリスクの存在、の2点について、Social Networkの存在が、その問題緩和に寄与していることが最近の研究で明らかになってきた。

Munshi(2011)によれば、ネットワークは①新技術情報の提供、②相互保険機能、③労働市場の不完全性や信用制約の緩和、という3つの経路を通して農業生産に影響を与える。

## 先行研究の紹介(ネットワーク)

### 1. 自己学習との違い

Foster & Rosenzweig (1995)では、緑の革命時におけるインド農家の間では自己学習(learning by doing)と近隣農家からの学習(learning from others)があったことが明らかになった。また農家は近隣農家が先駆けて新技術について経験することを待ち、その結果を観察してからフリーライドしようとする傾向があった。

### 2. 農産物の違いとネットワークの効果

Munshi (2004)では、インドのデータを用いネットワーク学習の効果を米と小麦でそれぞれ検証した。小麦では正の効果を観察したが、米ではそれが観察されなかった。米の生産地域では生産環境の異質性が高いため、ネットワーク学習がうまく働かず、小麦では均質的な環境のためネットワークの学習が働いた。一般的に学習効果が制限されてしまう異質性の高い地域や国では、局所的、集中的な投資によって学習の効果を顕在化させる必要がある。



# 先行研究の紹介(ネットワーク)続き

## 3. 情報の質

Conely and Udry (2010)では、ガーナのパイナップル農家は、近隣農家がより多くの肥料を投入することで予想よりも高い収益を得ていると聞くと、自身も投入量も増加させ、農業初心者ほど、特に熟練農業者や似たような富裕度である隣人のニュースに反応することを明らかにした。一方で、予想外に悪い結果を知ると、やはり肥料投入量を減少させることもわかった。

## 4. ネットワークの異質性

Broeck & Dercon (2011)では、タンザニアのバナナ栽培の生産性向上技術に関して血縁関係、近隣農家、非公式な保険グループのそれぞれの参照集団で、情報の交換が行われているが、実際に生産性の外部性を引き起こしたのは血縁関係のみであることを示した。情報の方向性(教え手から教わり手へ)について分析を行ったところにも大きな貢献がある。



# 先行研究の紹介(ネットワーク)続き

## 5. 世帯内での資源配分とネットワーク効果

Magnan et al(2015)では、同一世帯の妻と夫がそれぞれどのように新技術(レザーの整地技術)の情報にアクセスしているかについて検証し、夫婦は異なるネットワークから技術に関する情報を収集しており、女性は富裕度に関して同質のネットワークを持つ一方で、男性は富裕度に関して異質なネットワークを持っていることを明らかにした。

ソーシャルネットワークと農業新技術採用の関連性は現在、特に注目を浴びている研究分野である為、良質なレビュー論文が多く出版されている。途上国におけるネットワーク研究全般はChuang & Schechter (2015)、Foster & Rosenzweig (2010)等。農業の技術採用に関してネットワークだけでなく信用制約、リスク回避的選好、収益の異質性の観点から幅広く研究を紹介している。農業技術採用とネットワークに焦点を当てたレビュー論文としてはMaertens & Barrett (2013)、Munshi (2008)等があげられる。

# 論点の整理

新技術採用における複数の制約を緩和する効果のあるネットワーク学習効果に近年では注目が集まっており、様々な研究が進められている。

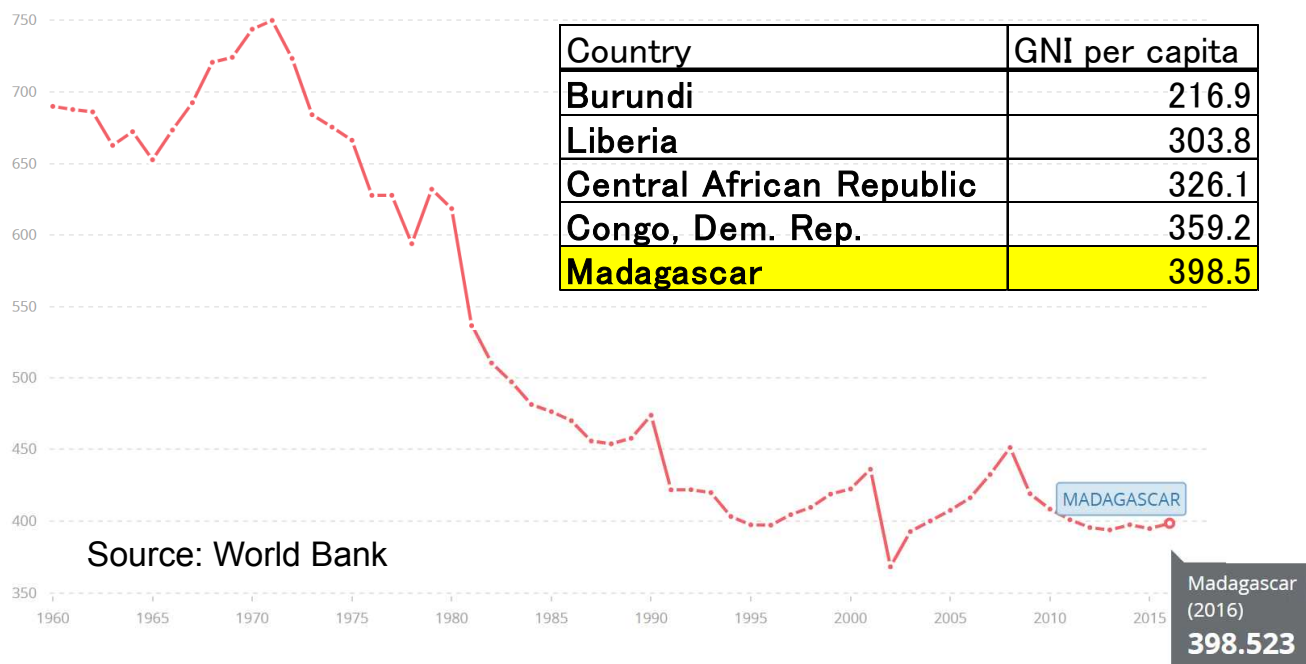
ネットワークの効果と言っても、最近では情報の異質性や、ネットワークそのものの異質性、家計内での複数のネットワーク構成、などの論点がある。

いずれの研究においても、ネットワークの存在が新技術の採択に影響を及ぼしていることを示しており、農村における経済活動の分析においては、ネットワークの影響を除外して議論をすることへのバイアスの問題も指摘されている。

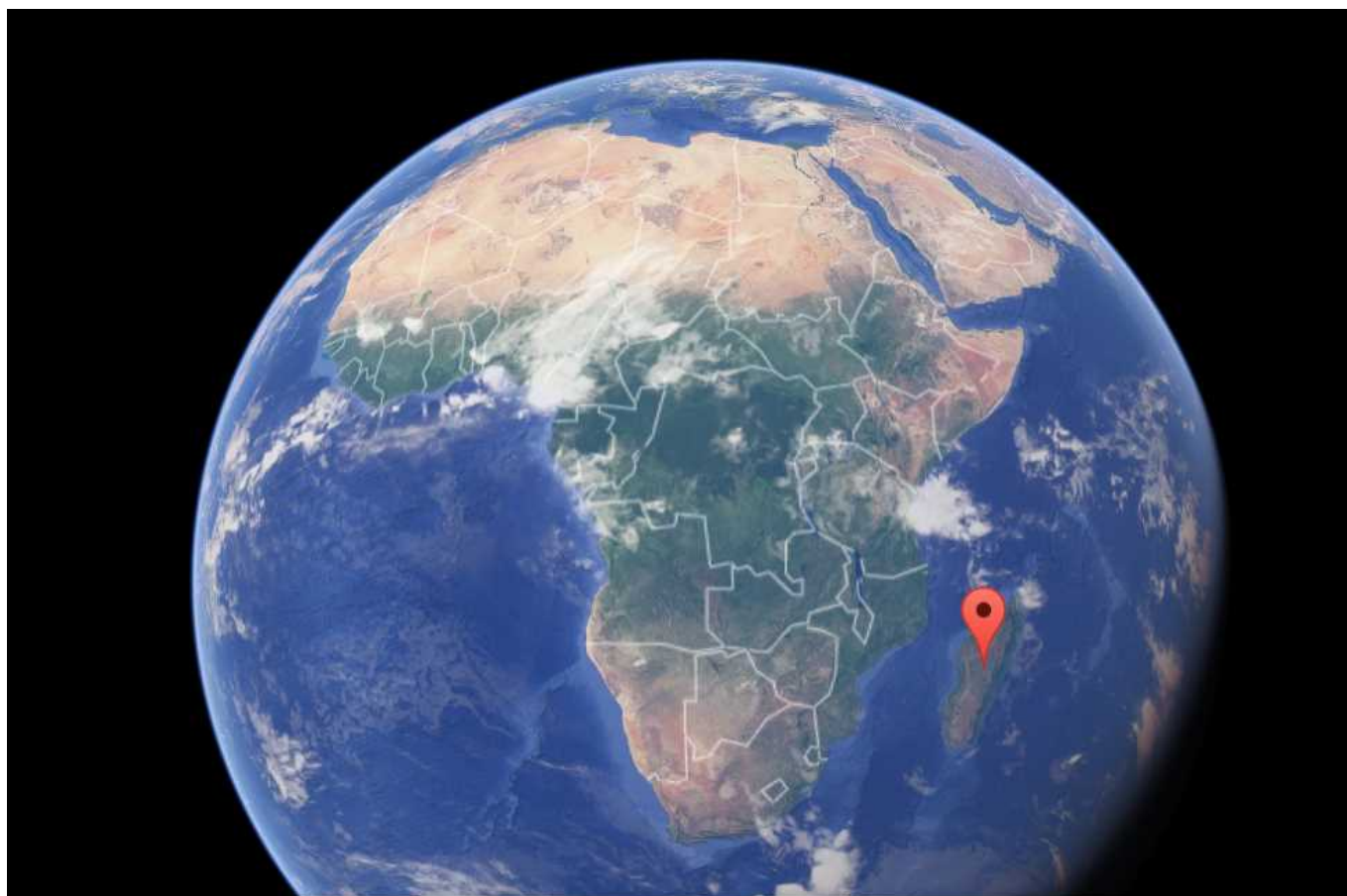
## 調査の概要

# 農業と開発

GNI per capita (constant 2010 US\$)

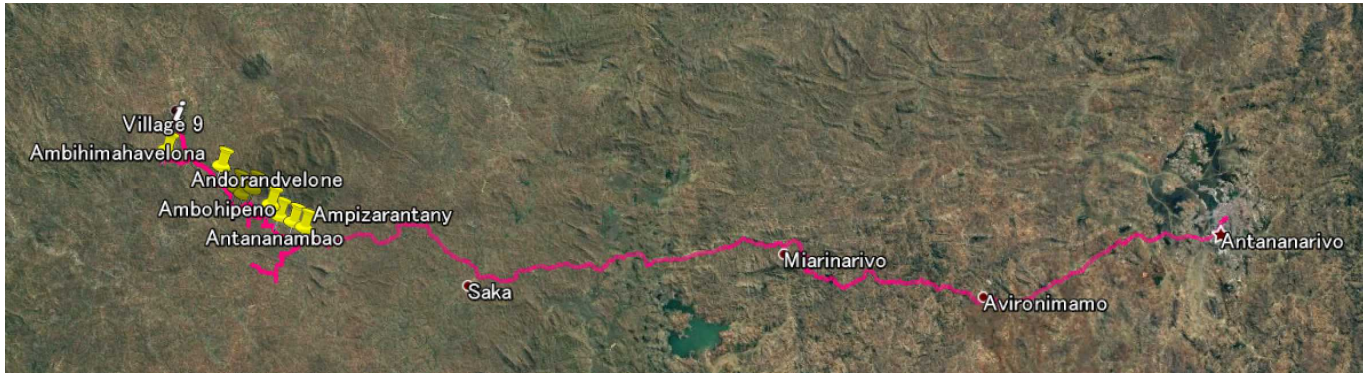


マダガスカルは世界最貧国家の一つ



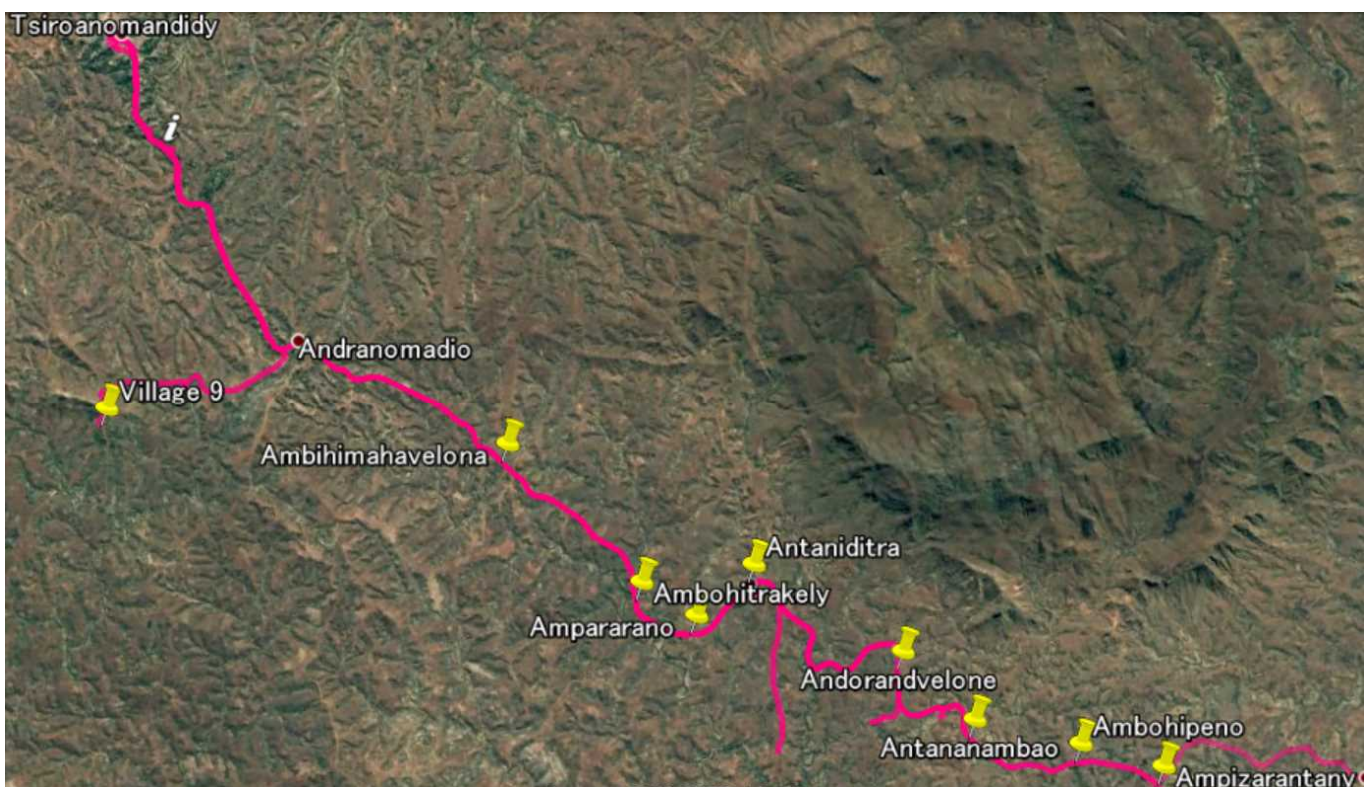


# 調査地の概要



マダガスカルのブングラバ県チアルヌマンディディ地方(首都アンタナナリボから車で5~6時間程度)の8ヶ村において、2017年8月8日~8月22日の期間に行われた調査から得られたものである。総調査世帯数は約600世帯、2600名弱の情報を得ている。8ヶ村の総世帯数は1000世帯程度なのでカバー率は6割程度。

## 調査地の概要(続き)



# 分析の背景

本研究の対象地域であるマダガスカルはいわゆる1.25ドル貧困ラインを用いると80%近くの世帯が貧困ライン未達の暮らしをしている最貧困国家の一つである。

主食は米だが、その単収は2トンに満たず、ほとんどの農家で化学肥料などを利用せず、また灌漑などの施設も未整備の状況である。

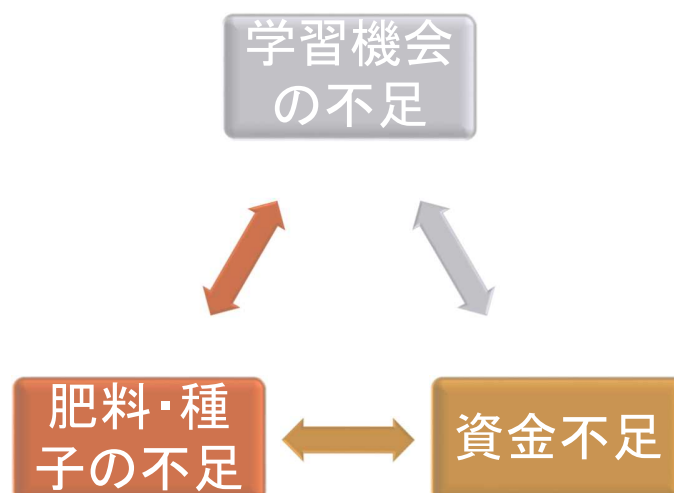
こうした状況下でJICAが行ってきたのがPAPRIZと呼ばれる農業技術パッケージの普及である。しかし、技術開発に特化するあまり、よい技術パッケージが出来ても、その普及という点に目が向かず、2015年までの第一フェーズの時期には、目立った普及というのは行えていない状況であった。しかし2016年からの第二フェーズでは、普及活動をメインとしている。

本研究の対象地域(ブングラバ県)でもPAPRIZの介入はあったものの、その規模は限定的で、そうした介入があったことを知らない農家がほとんどであった。

## これまでの調査成果について

マダガスカルの農村において、PAPRIZが持つ潜在的な増産効果はかなり大きいものの、その成果は未だ限定的であることが2014年8月、2016年2月の調査によって明らかになった。そのボトルネックは、農民側のニーズや心理動向の把握といったモニタリング、農村社会経済構造分析の不足はもとより、PAPRIZの普及活動が限定的で農民側の需要にこたえられていないこと、更には信用制約などの資金不足、投入財の不足、などが考えられる。潜在的な増産効果は確実にあるのであれば、今後はPAPRIZの大規模普及を行えるように、モニタリングや資金供与、更には正しい技術伝達の体制を整えたいうえで普及活動を行っていくことが必要である。

### 3つの不足・ボトルネック





# PAPRIZ入門パックについて

**PAPRIZ入門パック**:10アール分の作付けに必要な種子と肥料を無担保で提供。収穫後に、10%の利子をつけて返済(米での返済も可能)。種子も肥料も個装し、パッケージに。三つの不足を一気に解消。

- ①専用種子 2kg/10are 4,000Ar/世帯
- ②DAP肥料 5kg/10are 12,000Ar/世帯
- ③尿素肥料 2.5kg/10are 4,000Ar/世帯
- ④苗床用肥料(DAP 360g) 1000Ar/世帯
- ⑤PAPRIZ農法ガイドブック (Rajao登場)

**合計金額 21,000Ar相当**



上記の肥料投入を行えば10アールにおいて、最低でも400kg程度の粳米が収穫が見込める。多少の利子をつけても十分に返済が可能となる。

**PAPRIZ入門パック**:  $400\text{kg} \times 600\text{Ar} = 240,000\text{Ar}$  →  $240,000 - 24,000 = 216,000\text{Ar}$ の利潤

伝統農法:  $200\text{kg}/10\text{are} \times 600\text{Ar} = 120,000\text{Ar}$  →  $120,000 = 120,000\text{Ar}$ の利潤



## 第一回配布時の様子



各村への告知は前日であったにもかかわらず、多数の村人が参加した。ただし、集合時には人が集まっていなかったため、マダガスカル人通訳がメガホンを持って村内中にアナウンスを行った。

PAPRIZ入門パックへの質問も多数あり、関心の高さをうかがわせる。

事前の調査ではPAPRIZに対する不安(金銭的な面、肥料使用に関する面など)があると思われたが、配布当日にはそうした不安感はほとんど感じられなかった。



# 第二回配布について

- 第一回配布時(2016年6月)とは異なり、第二回配布時(2016年11月末)は、事前に村長に希望者を募ってもらうようお願いした。
- 第一回配布がランダムに希望者をセレクトしているのに対して、第二回配布では村長の持つネットワークを利用して希望者を募っている。

## 調査について

2016年2月の調査において、調査対象村1000世帯のほぼ全数の世帯写真を撮影。その写真を用いて、村内のネットワーク構造を調査。各村に日本人調査員(ゼミ学生)1~2名とマダガスカル人通訳兼調査員1~2名を配置し、調査を行う。

ネットワークに関するデータは大きく分けて2つ

1. 2016年2月調査の写真を用いて、挨拶の頻度を質問したデータ(2017年8月調査)
2. 「よく話をする知人」「農業生産に関するアドバイスを求める知人」「トラブル時に金銭面でのサポートをしてくれる知人」を各世帯の世帯主、配偶者にそれぞれ5名ずつあげてもら(2016年2月調査)。

# 写真画像データの収集について



Androidのタブレットを用いて、写真画像データに地理情報データを付加して収集した。

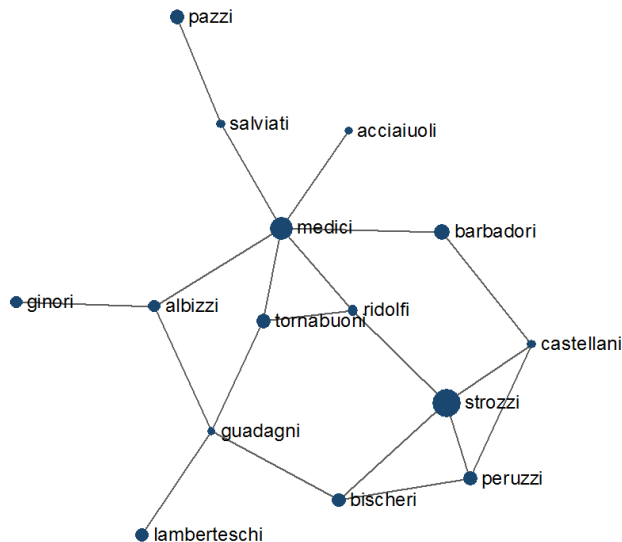
ボードには氏名(世帯主+配偶者)と村のIDと世帯のIDを記載

# ネットワーク分析について



# ネットワーク分析について

ネットワーク分析とは、人間関係や企業間の取引関係、あるいは自然界における生物間の関係、神経・遺伝子などの構造といった諸関係を、点と線からなるネットワークとして描き出し、その構造的な特徴を探る研究手法である



## nwcommandsについて

- UNIVERSITY COLLEGE DUBLINのThomas Grund氏によって開発されたコマンド。
- ネットワーク図の作成から中心性の導出、近接行列の読み込みなどを行うことが可能。
- Grund氏も述べていることだが、STATAはRやMATLABといったソフトウェアに比べて、ネットワーク分析の分野ではかなり出遅れている。

## nwcommandsの使用方法

	id	age	education	income	n1	n2	n3	n4	n5
1	1	25	12	300	0	1	0	0	1
2	2	28	9	310	0	0	0	1	1
3	3	41	9	400	1	1	0	0	0
4	4	33	16	500	0	0	1	0	0
5	5	47	12	550	1	0	0	0	0



ここが隣接行列

「nwset」というコマンドを用いてn1～n5を隣接行列として定義

```
nwset n1-n5, name(netsample)
```

nwsummarizeというコマンドでネットワークの基礎情報を提示

```
. nwsummarize network, mat
```

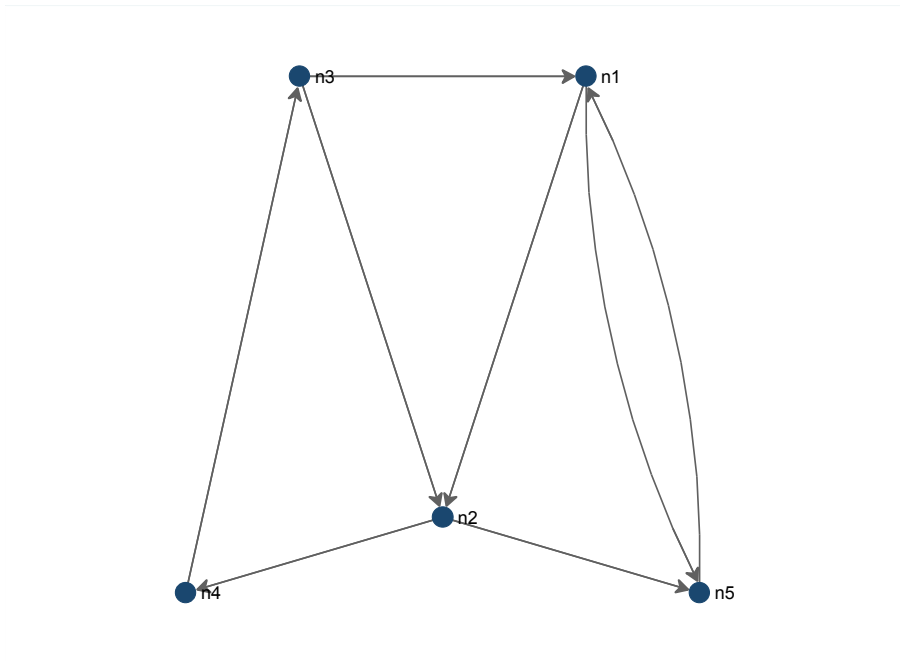
matをつけると隣接行列  
そのものも表示する

```
Network name: network
Network id: 1
Directed: true
Nodes: 4
Arcs: 8
Minimum value: 0
Maximum value: 1
Density: .6666666666666666
  1  2  3  4
```

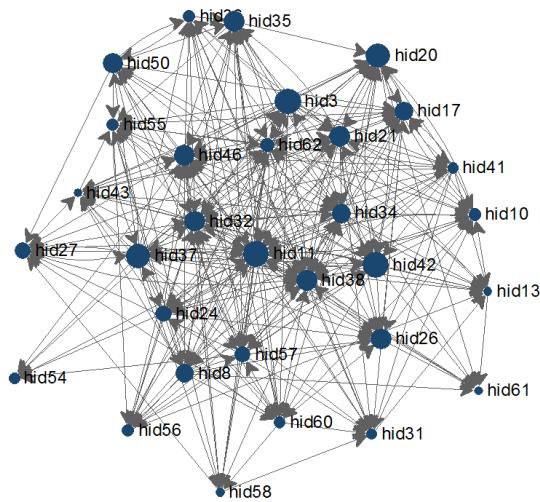
1	0	1	0	0
2	1	0	0	1
3	1	1	0	0
4	1	1	1	0

nwplotというコマンドを使ってネットワーク図を描く

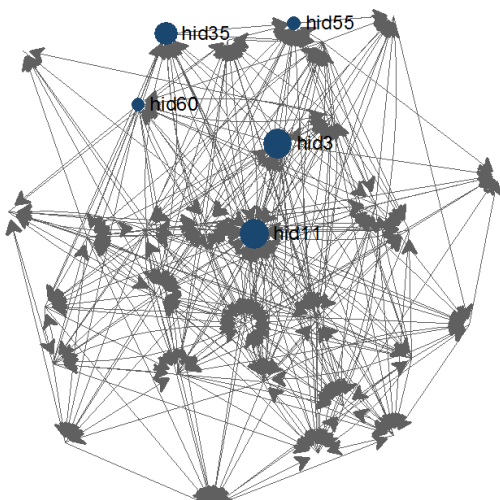
nwplot netsample, lab



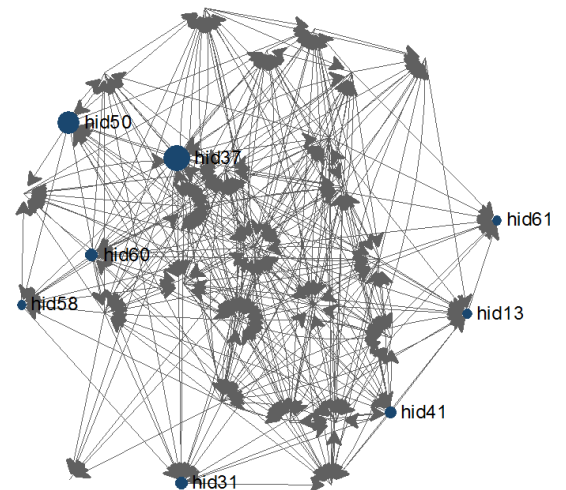
# ネットワーク図 VID3のケース



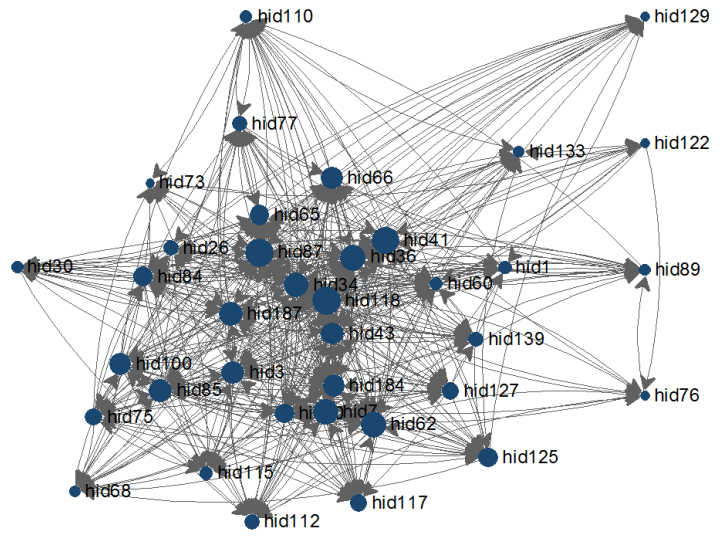
第一回配布時



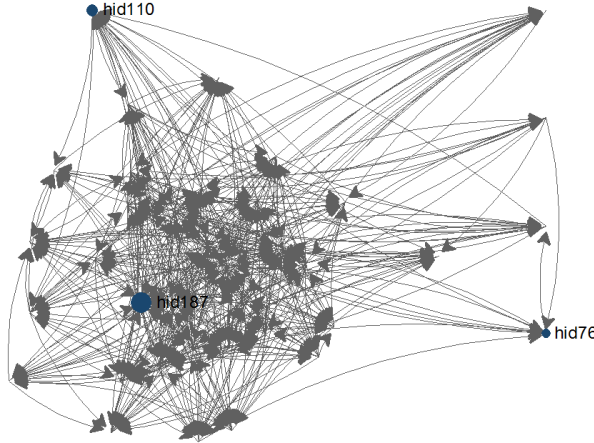
第二回配布時



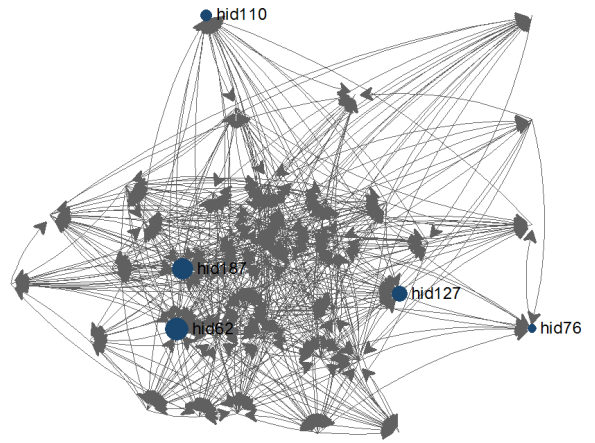
# ネットワーク図 VID6のケース



第一回配布時



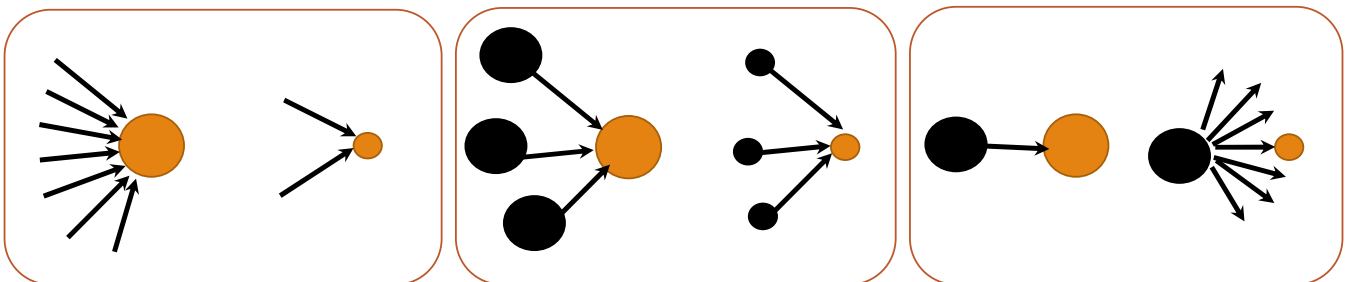
第二回配布時



## ネットワークの中心性について

ネットワークの中心性とは、ネットワークにおける各頂点（ノード）がどの程度、ネットワークにおいて中心的であるのかを示す概念である。

- 次数中心性
- 近接中心性
- 固有ベクトル中心性
- PageRank中心性
- Katz-Bonacich中心性



# Katz-Bonacich Eigenvector Centrality

- ✓ Indirect links are also taken into account.
  - ✓ Node  $i$ 's centrality  $C_i$  --- weighted average of the centrality of all the nodes
  - ✓  $C_i = r_{i1}C_1 + r_{i2}C_2 + r_{i3}C_3 + \dots + r_{in}C_n$
  - ✓ Recursive measure
- ✓  $Eigenvector_j = \lambda \sum_i W_{ij} \cdot Eigenvector_i + \eta$
- $Eigenvector = \eta(I - \lambda W')^{-1} \mathbf{1}$  ← Eigen vector centrality
  - $\eta$  baseline centrality
  - $\lambda$  parameter (rate of decay)
  - $W$  matrix

## 仮説と推計モデル

ネットワークの中心性が高い世帯ほど、PAPRIZパックの使用確率が高くなる？



### プロビットモデルによる推計

Y=1 第一回配布、第二回配布にてPAPRIZパックを入手し使用した世帯

Y=0 PAPRIZパックを使用したことがない世帯

説明変数: Katz-Centrality (nwkatzで求められる)、世帯主の年齢、教育年数、昨年度の米生産量、時間選好率、損失回避度、



# 推計結果

VARIABLES	
Katz-Centrality	0.0141 (0.0438)
Age	0.0251** (0.0108)
Education	0.0545 (0.0405)
Total rice production	-2.12e-05 (3.93e-05)
Time preference	0.00550 (0.0481)
Loss aversion	-0.0182 (0.0491)
Credit constraint	-0.0420* (0.0251)
Constant	-2.678*** (0.888)
Village fixed effect	(Yes)
Observations	128
Standard errors in parentheses	
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	

年齢が高いほど、信用制約の度合いが低いほど、PAPRIZパックの使用確率が上昇。

Katz-Centralityは有意に効いていない

## 分析結果 確率フロンティアモデルによる分析

# 確率フロンティアモデル

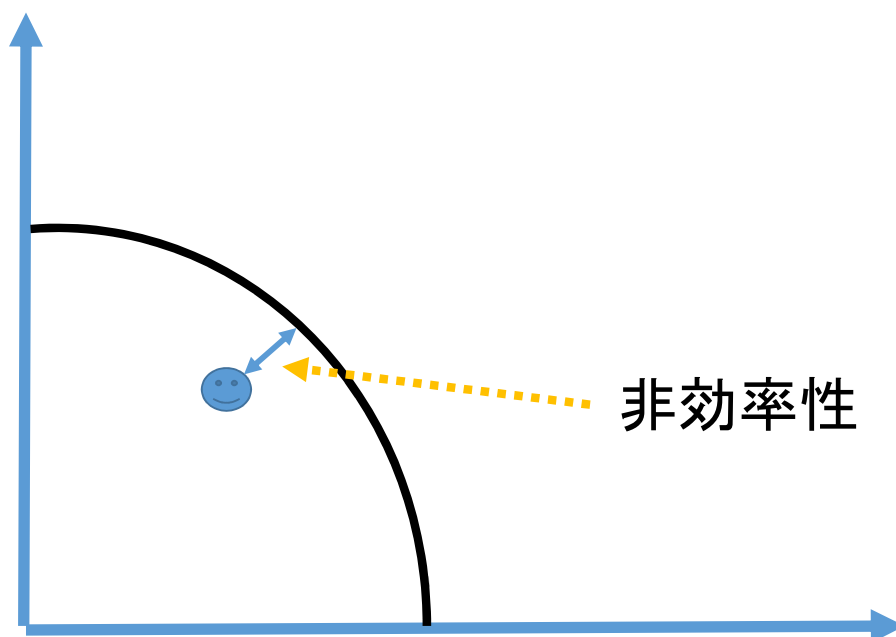
生産関数の推計において、生産における技術非効率性を推計モデルに取り入れることが可能。

$$\ln(q_i) = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j \ln(z_{ji}) + v_i - u_i$$

$u_i$ が技術非効率性を表す項である。 $q_i$ は米の生産量であり、 $z_{ji}$ は生産投入物（労働者、土地、化学肥料など）となる。技術非効率性を表す $u_i$ には、ネットワークの効果以外に、世帯主の年齢、教育水準、リスク回避度、信用制約の有無、メディアへの接触、等の変数が入る。なお、本分析ではネットワークの質の違いによる農業生産への影響を測るために、親族ネットワークと友人ネットワークの二つの違いを区別し、分析を行った。

STATA コマンド: frontier

## 確率フロンティアモデルの直感的理解



# 変数の基本統計量

変数名	内容	Mean	Std. Dev.	Min	Max
log(output)	前回の雨期作における米生産量 ( 粳米 )	6.96	0.79	5.01	8.48
log(land)	土地 ( ha ) の対数値	-0.46	1.04	-4.61	1.61
log(labor)	労働投入量 ( 家族労働 + 雇用労働 ) の対数値	4.40	1.17	1.61	6.87
age	世帯主の年齢	39.88	14.17	5	86
education	世帯主の教育水準	5.09	2.91	0	16
association	農業組合への参加ダミー： 参加 = 1、不参加 = 0	0.16	0.36	0	1
credit constraint	村内に10万Arの借金が出来る人間が何人いるか	1.39	2.64	0	25
Radio	ラジオ所有台数	0.68	0.55	0	3
Risk aversion	Risk Game ( Schechter 2007 ) に基づく指標。高いほど掛け金上昇	2.99	1.64	0	5
Num friend(other)	日常的に会話をする友人の数 ( 親類以外 )	2.53	1.86	0	5
Num friend(relat)	日常的に会話をする友人の数 ( 親類 )	1.41	1.57	0	5
Num agri friend(other)	農業生産に関してアドバイスを求める知人 ( 親類以外 )	1.38	1.70	0	5
Num agri friend(relat)	農業生産に関してアドバイスを求める知人 ( 親類 )	0.90	1.40	0	5

$$\ln(q_i) = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j \ln(z_{ji}) + v_i - u_i$$

## 推計結果

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
age	0.0128* (0.00682)	-0.00651 (0.00529)	0.0126* (0.00678)	-0.00636 (0.00511)
education	0.0595* (0.0314)	0.0250 (0.0277)	0.0571* (0.0314)	0.0213 (0.0227)
association	0.0244 (0.245)	0.0600 (0.194)	-0.00760 (0.241)	0.0384 (0.184)
credit constraint	0.0383 (0.0371)	0.0134 (0.0268)	0.0314 (0.0354)	0.0131 (0.0251)
Radio	-0.0297 (0.172)	-0.0284 (0.116)	-0.0345 (0.170)	0.0359 (0.112)
Risk aversion	-0.134** (0.0565)	-0.117*** (0.0410)	-0.136** (0.0562)	-0.135*** (0.0405)
Num friend(other)	-0.00789 (0.0527)			
Num friend(relat)		-0.206** (0.0809)		
Num agri friend(other)			0.0358 (0.0556)	
Num agri friend(relat)				-0.278*** (0.0484)

分析の結果からは  
リスク回避、日常の  
会話を頻繁に行う  
人数(親族)、農業  
の相談をする人数  
(親族)などが、技  
術的非効率性を改  
善する要因となっ  
ていることが分かる。

# 考察

Katz中心性(知り合いかどうか)を用いた分析では、新技術の選択(PAPRIZパックの導入確率)に影響が見られなかったが、確率フロンティアモデルでの分析では、親族ネットワークが米生産の非効率性を改善する要員になっていた。



先行研究でも指摘されているが、ネットワークの質や異質性(親族ネットワーク、隣人ネットワーク、情報の質が異なるネットワーク、など)に配慮した分析が望まれる。

調査データを集計すれば、親族ネットワークをベースとした中心性、アドバイスを求める知人ネットワークをベースとした中心性などが算出可能なため、こうした異質性に着目した研究を今後は展開していく

ありがとうございました