

火山噴火による交通被害と その間接的影響

都市基盤環境学域 石倉智樹

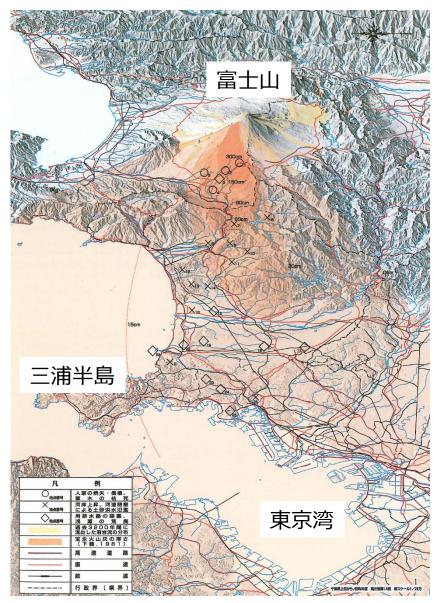
政策·計画研究室 博士前期課程2年 尾山 梓

はじめに



・日本には110の活火山があり, その中には富士山・浅間山等, 関東近郊に位置するものもある

江戸時代には, 富士山・浅間山は大規模噴火し 東京近郊にも降下火山灰や 土砂災害の被害を与えた



宝永噴火(1707)後の土砂災害・降灰被害の分布 出典)国土交通省中部地方整備局富士砂防事務所,2003

はじめに

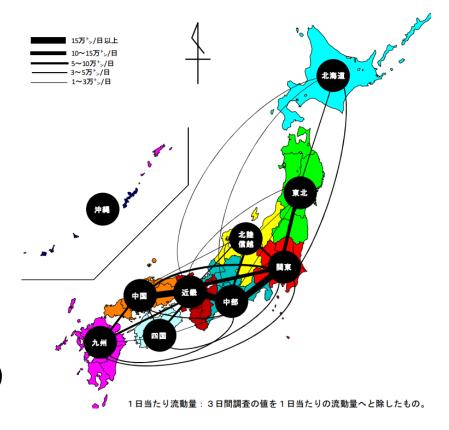


現代の社会経済構造: 交通NWにより連関

- 高速道路・鉄道網の整備により, 地域間の物流ネットワークが 強力に
- 農業・製造業等,多くの企業活動が地域間取引に 依存

すなわち,

• 交通機能の低下(迂回や混雑の発生) によって企業活動は影響を受け, その影響は全国に波及する



第10回全国貨物純流動調査の調査結果(速報) 出典)国土交通省,2015

火山噴火の発生地と経済的影響を被る場所は同じではない

災害の経済被害研究レビュー (M2 尾山まとめ)

• 地震に関する経済被害評価の研究は多数あり.

分野	研究	研究者	発行年	内容
	7	cho Gordon	2001	Southern California Planning Model(SCPM)と呼ばれる計量経済モデルを構築し、橋 梁被害の経済影響について検討を行っている。ロサンゼルス中心部の1543ゾーン 別に分類された交通トリップのデータと308の行政境界内の経済データを基に、交通 網への被害発生時における通勤や出入荷などの人々の交通現象について分析を 行っている。
	8	Kim	2002	交通ネットワークモデル(利用者均衡配分モデル)と産業連関モデルを統合した Interregional Commodity Flow Model(ICFM) と呼ばれるモデルを利用し、米国全域 に広がる期間交通網の被害影響についての検討.
地域経	9	高橋顕博ら	1997	産業連関と地域間交易を考慮した阪神大震災の被害影響分析
済·土木 計画	10, 11	小池淳司ら, 多々納裕一ら	2004, 2008	SCGEモデルを用いた研究
	12	武藤・上田ら	2006	SCGEモデルを比較的小地域の分析に適用できるようにアレンジし、主に市区町村間の交通被害を考慮した災害の経済被害分析について検討を行いつつある。
	17	梶谷義雄ら	2009	産業部門別の直接被害推計結果と上記のICFMとを阪神大震災の事例に適用し、主要経路被災状況下における当時の迂回状況の再現性についての検討
	18	山野紀彦ら	2007	小地域の被害情報を集約せずに、 <mark>各小地域の間接被害を推計</mark> した研究
	13	崔宰栄ら	1996	災害後の交通需要変動分析
地震工学	14	Nojima, N. and Sugito, M.,	2000	交通量を考慮した災害時の交通網の機能評価
	15	カロ恵々 山崎	1996	広域的な交通網被害予測手法として,近年の災害情報に基づくフラジリティ曲線なども適宜追加検討がなされる.
交通工学	19	鳥居広顕,福田 大輔,屋井鉄雄	2006	震災時における救援物資等の緊急車両に関する起終点交通量データを作成し、細 街路を含めた交通シミュレーションモデルを作成。

出典:

梶谷義雄(2010), 地震災害時におけるライフライン被害の産業部門への影響評価 – 小地域メッシュ統計を活用した2004年新潟県中越地震時の交通分析 –

しかし、火山噴火の経済被害分析事例は極めて少ない.

火山噴火被害波及のタイムライン



- ・火山噴火の発生
- →噴石,火砕流,降灰による直接被害 (人的,物的)
- →交通社会基盤へのダメージ:交通途絶,交通容量低下
- →一次的な社会経済影響:救援・避難・緊急物資輸送の障害,当該地での産業活動停止
- →二次的な社会経済影響:短期的な サプライチェーン機能麻痺,交通混雑ボ トルネック増加
- →長期的な社会経済影響:取引先や 生産地シフト,新たな産業構造へ

噴火直後 ~ 時間,日 オーダー

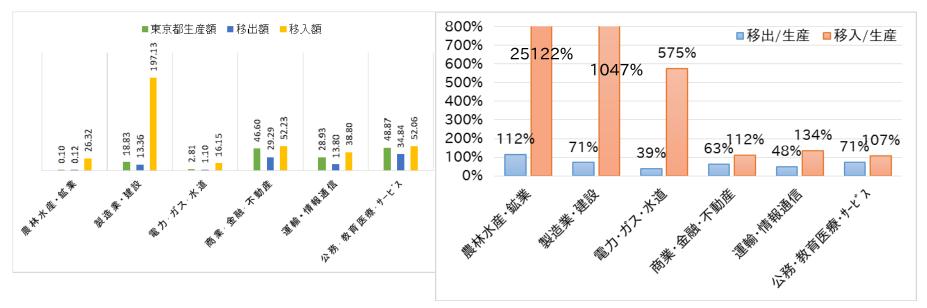
交通被害後 〜 日,週,月 オーダー

年オーダー ※極めて大規模な 災害時のみに想定



東京都の産業活動と他地域との相互依存関係

- 東京都はほとんどの産業部門において、都内生産額以上を 移入
- 総額ベースでは、製造業・建設業では約200兆円/年:1日 でも1兆円近い
- 他地域との交易が途絶することの影響は甚大



資料:2005年東京都産業連関表より著者作成

行政レベルでの対応





内閣府, 火山防災対策推進 ワーキンググループ 東京都, 防災情報·火山対策

間接被害への具体的な言及はどこにも見られない

:現状では無策に等しい 想定被害の情報が無ければ,対策のしようがない

行政レベルでの対応

- ・ 富士山ハザードマップ 検討委員会報告書
- 経済被害についての評価
- 局所的な交通障害との相互作用は考慮されていない
- 交通NW面への影響は未検討



表-7.2.1 項目ごとの被害想定の内容

	-					
項目	降雨がない場合	降雨がある場合				
人的被害	避難が行われるとし、建物の全壌等による被害は考えない。					
(死者・負傷者)	傷者)					
人的被害	避難により生活の支障があるとし、避難が行われるのは建物で全壌が発					
(避難者)	生する範囲とした。					
人的被害	有珠山等の事例から、2cm 以上の降灰がある範囲では、何らかの健康被					
(健康障害)	害が出るとした。					
	木造家屋(静岡県の統計資料	降雨時は水を含んで灰の密度が約 1.5				
	より建物の70%と想定)でのみ	倍になるため、降灰厚 30~45cm で全壊				
	降灰による被害が発生するとし	30%、45cm 以上で 60%と設定した。た				
	た。通常の木造建築物の耐力計	だし全壊につながるような層厚が1日				
79.46	算と北海道駒ヶ岳の事例から降	で堆積する場合 (30cm) 以外は、除灰可				
建物	灰厚 45~60cm で全壊 30%、60cm	能とし、被害は想定しない。				
	以上で 60%と設定した。ただし					
	全壊につながるような層厚が1					
	日で堆積する場合以外は、除灰					
	可能とし、被害は想定しない。					
	降灰が 5cm/日以上では除灰	降雨時では除灰する車が動けず除灰が				
	が不可能であると考え、道路が	出来ないと考えて、有珠山の事例より				
	通行不能になると想定した。道	5mm/日以上の降灰で道路が通行不能に				
道路	路の除灰により、通行不能にな	なるとした。				
坦阳	る程度は1日目 100%、2日目					
	50%、3月目25%、4月目0%					
	と減少していくとした。					
	桜島の事例から、降灰で車輪やレールの導電不良による障害や踏み切り					
鉄道	障害等による輸送の混乱が生じるとした。					
	数圧式もる公開では動か機の運動式で可能した。					
航空	降灰がめる範囲では肌空機の連	経験がある範囲では航空機の運航が不可能とした。				
	影響の利申が工用もので、 空体的な軟頭に しじみゃ					
港湾	影響の程度が不明なので、定性的な整理にとどめた。					
	被害はほとんど発生しない。	桜島の事例より 1cm 以上の降灰がある				
電力	政告はなるから死生しない。	毎周の事例より 1cm 以上の解決かめる 範囲で停電が起こり、その被害率は 18%				
阻力		配田で予電が起こり、その数音学は18%とした。				
		C U/Lo				

本研究サブテーマのねらい



火山噴火の経済的被害評価 の推定手法構築と基礎的知見の蓄積

- 東京都への影響が大きいと考えられる火山噴火によって交通ネットワークが(一次的,部分的に)遮断されることにより,産業活動や交通状況へどのような影響が出るか?
- 対象として,関東地方に位置する火山【富士山,浅間山】の噴火 を検討
- 噴火時に交通面で脆弱な箇所を予測,産業活動において大きな 影響を受ける地域を予測,これらの影響度合いを見積もる →都政における「気づき」の材料を提供

研究アプローチ –ICFMモデルの援用・す 首都大学東京

- Integrated Input-Output and Transportation Network Model または Interregional Commodity Flow Model
- 確率論的利用者均衡配分モデル+産業連関モデルの統合モデル
- Boyce (2002)により提唱,
 Kim et al.(2002), Sohn et al.(2003), 梶谷ら(2009)により
 応用(震災と水害への適用,火山の事例はない)

産業連関表からサプライ・デマンドチェーン への影響を分析

交通量(台)に変換

実際のネットワークで均衡配分

交通ネットワーク: ※実時を被害リンクの

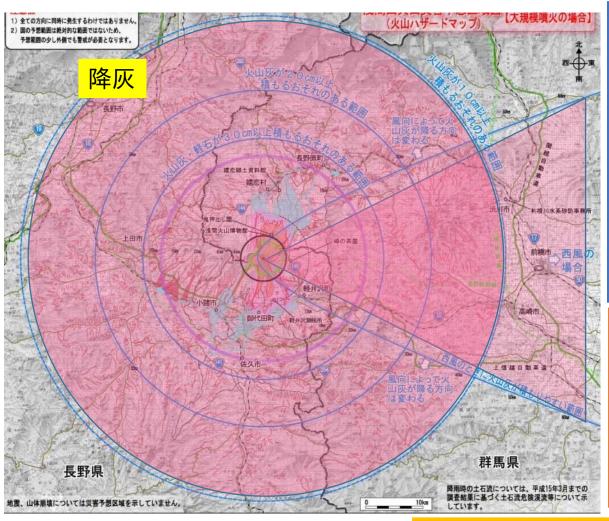
災害時を被害リンクの切断により表現

供給の制限や需要の低下: 制約条件として考慮可能

相互作用を経済・交通統合型モデルとして表現

火山噴火インプットイメージ:浅間山







空中を移動し被害を与えるもの

空振

火山灰(降灰)





出典)浅間山ハザードマップ検討委員会: 浅間山火山防災マップ,2003

山肌を流下し 被害を与えるもの



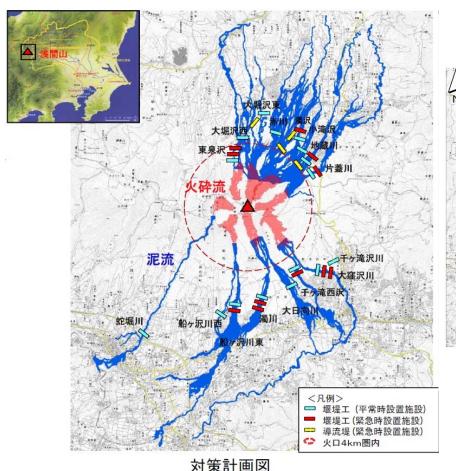
降雨時の土石流



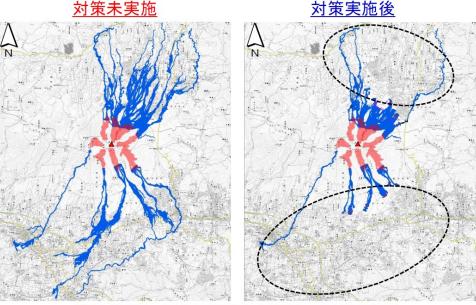
施策効果への適用案:浅間山



- 国土交通省が砂防事業を展開(期間: H24~H38)
- 砂防事業により火山噴出物の流下による被害は軽減 →この間接被害軽減効果を推定可能に



想定対象規模の氾濫シミュレーション



砂防施設により融雪型火山泥流の氾濫を抑え、 下流の被害を軽減(破線の枠内)

出典)国土交通省:浅間山直轄火山砂防事業, 平成24年度新規事業採択時評価資料より引用

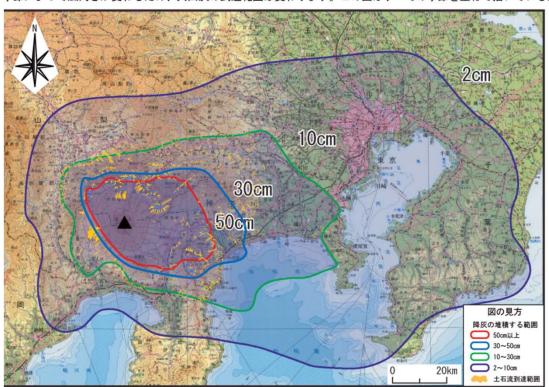
火山噴火インプットイメージ:浅間山 ・ 首都大学東京



富士山火山防災マップ(共通ページより)

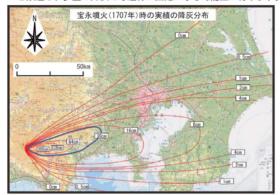
火山灰や軽石を出す大規模な噴火の場合広い地域に火山灰が降ります

季節によって風向きが変わるため、火山灰の到達範囲は変わります。この図はすべての季節を重ねて描いているため、実際の降灰範囲は異なる場合があります。



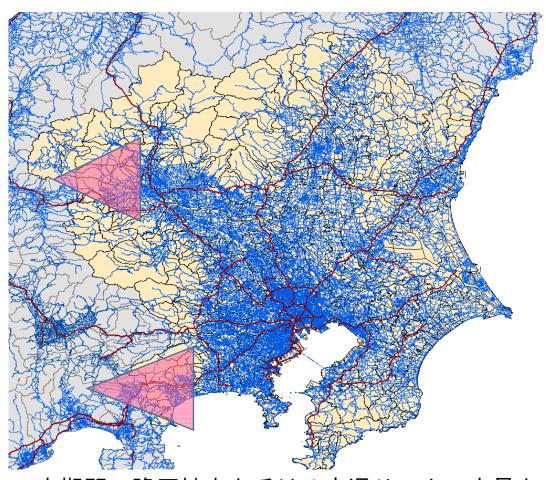
降灰があったら...

- ●灰を吸わないようにするためマスクやゴーグルを着用しまし
- ●富士山の近くでは火山灰だけでなく小石が降ってくることが あるので、やむを得ず外に出るときはヘルメットや防災ずき んをかぶりましょう。
- ●家は窓を閉めて建物を密閉します。木造家屋では屋根に30cm 以上の火山灰が積もると、屋根が抜けたり建物が壊れたりす ることがあります。特に雨が降ると火山灰が重くなるので注
- ●車で走ると、灰を巻き上げて視界が悪くなったりスリップしや すくなります。また、雨が降っているとワイパーが使えず危険 です。高速道路は、通行不能となる可能性があります。JRな ど鉄道は、少量の降灰でも運行が困難になる可能性があります。



冬に噴火した場合の降灰分布の例





一定期間,降灰被害を受ける交通リンクの容量を 低下させることで,直接的影響を表現

ICFMの概要

(Kim et al.(2002), 梶谷ら(2009))

• 目的関数と制約条件

$$\min_{h,x} Z(h,x) = \sum_{a} \int_{0}^{fa} d_{a}(\omega) d\omega + \sum_{mj} d_{jj} \frac{x_{jj}^{m}}{g^{m}} + \sum_{m} \frac{1}{\beta^{m} g^{m}} \left\{ \sum_{ij} \left(x_{ij}^{m} \right) \ln \left(x_{ij}^{m} \right) \right\}$$
混雑効果を考慮した交通配分

s.t.

$$\sum_{r} h_{ijr}^{m} = \frac{x_{ij}^{m}}{g^{m}},\tag{3}$$

$$\sum_{i} \left(x_{ij}^{m} \right) = \sum_{n} a^{mn} \left(\sum_{k} x_{jk}^{n} \right) + y_{j}^{m} + E_{j}^{m} - M_{j}^{m}, \tag{4}$$

産業連関(サプライチェーン)

$$\boldsymbol{h}_{iir}^{m} \ge 0. \tag{5}$$

$$\sum_{j} x_{ij}^{m} \le \hat{x}_{imax}^{m} \tag{6}$$

(制約条件の追加(災害時))



h _{ijr}	産業部門mの地域iから地域j へ経路rを使用する交通量 (台)
f_a	地域内のリンク $a \in A$ を使用する交通量
x_{ij}^m	産業部門mの被災地域iから 被災地域jへの移出額(円)
g	交通量(台数)と生産物の移 出額(円)の変換係数
$d_a(\omega)$	リンクパフォーマンス関数
β^m	産業部門mの費用感度パラ メーター
d_{jj}	地域内の移動時間
a^{mn}	投入係数
y_j^m	産業部門mの地域jにおける 域内最終需要(円)
E_j^m	産業部門mの被災地域j外か らの移出額(円)
M_j^m	産業部門mの被災地域j外か らの移入額(円)
\hat{x}_{imax}^{m}	産業部門mの地域iで最大可 能な生産額(円)

産業連関(サプライチェーン)構造



• 産業連関表により相互依存関係を表現

第2図 産業連関表の構造

	第 2 囚 座来座岗衣 ^v	- 117.22	
需要部門	中間需要		輸国
(買い手)	1 2 3 計農 鉱 製	消 固 在 輸 計 定	入(控除)
供給部門 (売り手)	林 水 造 産 業 業 業	本	C A+B -C
中 1 農林水産業 2 鉱 業 3 製 造 業 投 : . 力	列 生産物の販売 (元) (行 (元) (行 (元) (行 (元) (月) (日) (日) (日) (日) (日) (日) (日) (日) (日) (日		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
雇用者所得 粗付加価値 (控除)補助金 計 E	加価値の構成 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・		•
国内生産額 D+E		_	

引用:総務省,産業連関表とは

http://www.soumu.go.jp/main_content/000286849.pdf

研究概要 -まとめ-



火山噴火による被害シナリオ(前提条件)の設定

間接被害評価モデル(ICFM)東京版の構築と適用

▶ 火山噴火時に起こる交通ネットワーク途絶による物流・人流への影響, 経済活動への影響を産業部門ごとに推計する



脆弱箇所の抽出(交通面,産業構造面) 施策実施(交通リダンダンシー確保など)の効果評価

- ▶ 都外で発生する火山噴火による都内への影響を事前に見積もる
- ▶ 想定外を想定内に