

研究概要の発表

Inclusive Wealth を用いた社会政策の提案

~豊かな社会の実現と持続可能な発展を目指して~

島村 拓弥

九州大学 工学府 都市環境システム工学専攻

2020年6月3日

帝人久村奨学金 最終選考

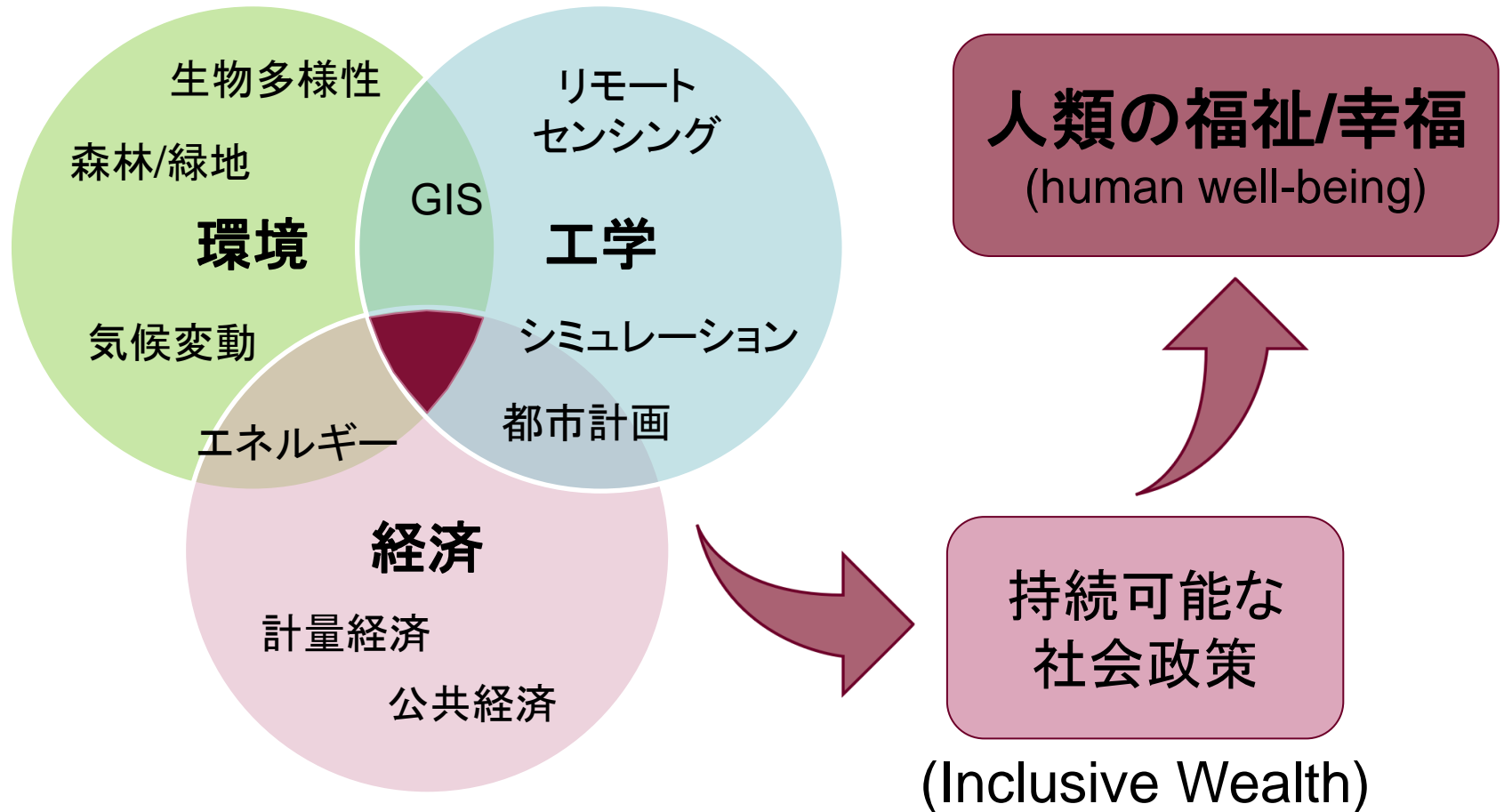


KYUSHU UNIVERSITY

発表内容 (研究の概要)

0. 研究フィールドの紹介
1. Inclusive Wealth について
2. インドネシアの首都移転 (学部卒業研究)
3. 今後の展望

0. 研究フィールドの紹介



1. Inclusive Wealth

Inclusive Wealth とは、

「持続可能な開発目標(SDGs)」を評価するために

国連大学と国連環境計画が共同開発した社会経済指標



(UN SDGs)



Inclusive Wealth の3つの特徴

- ① 「持続可能性」の指標
- ② 「投資」の指標
- ③ 「包括的」な指標

九州大学進学の動機

1. Inclusive Wealth

① “包括的”な指標

より実態に即した
“豊かさ”の評価



- ・設備
- ・機械
- ・道路 など

- ・教育
- ・健康

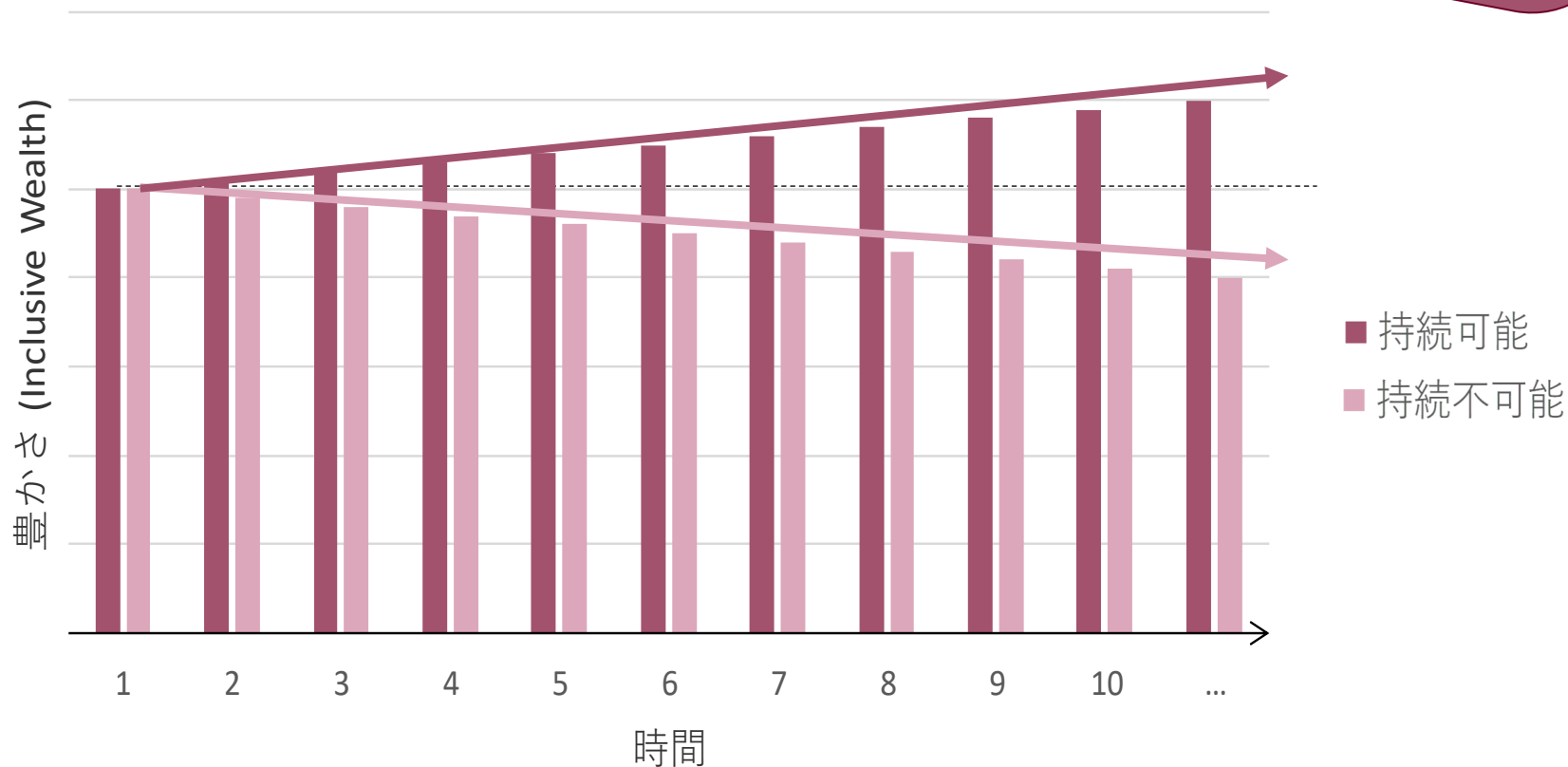
- ・天然資源
- ・農地
- ・森林



1. Inclusive Wealth

② “持続可能性”の指標

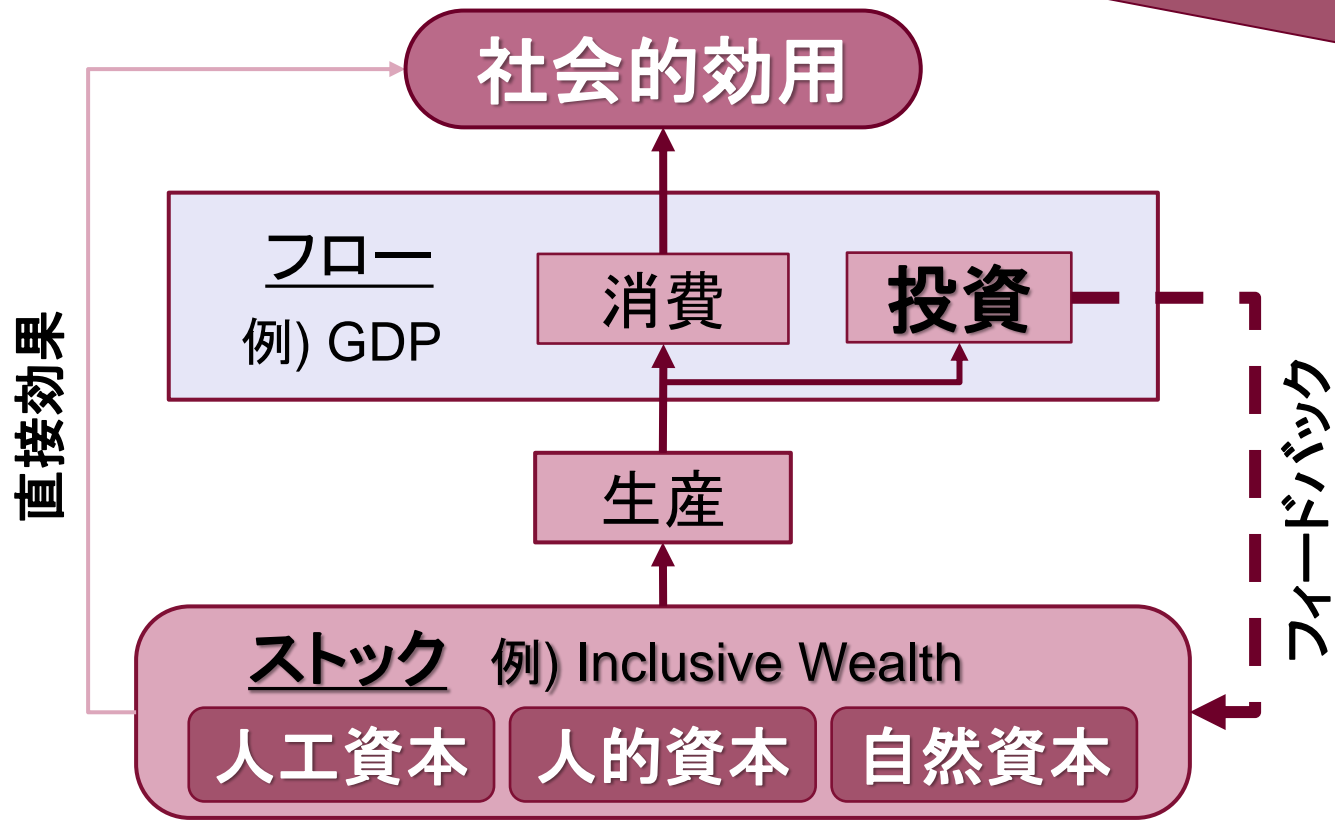
GDPでは、
持続可能性は測れない?!



1. Inclusive Wealth

③ “投資”の指標

社会の持続可能性を担保するのは、“投資”のみ



2. インドネシアの首都移転

- 卒業研究 (学士論文)
- 査読論文 *Sustainability*

*Sustainability <https://www.mdpi.com/journal/sustainability/>

出版社 : Multidisciplinary Digital
Publishing Institute

インパクトファクター : 2.592 (current)
2.801 (5-year)

ランキング : 105 /250 <https://jcr.clarivate.com/>

‘Environmental Sciences’
(JCR category rank)



受領日 : 2020年5月21日

出版日 : 2020年5月25日



Article

Sustainability Prediction Model for Capital City Relocation in Indonesia Based on Inclusive Wealth and System Dynamics

Takuya Shimamura ¹ and Takeshi Mizunoya ^{2,*}

¹ Department of Urban and Environmental Engineering, Graduate School of Engineering, Kyushu University, 744 Motoooka, Nishi-ku, Fukuoka 819-0395, Japan; t.shimamura0818@gmail.com

² Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan

* Correspondence: mizunoya.takeshi.ff@u.tsukuba.ac.jp; Tel.: +81-29-853-7221

Received: 13 April 2020; Accepted: 21 May 2020; Published: 25 May 2020



Abstract: Based on inclusive wealth (IW), this paper evaluates the impact and sustainability of the Indonesian government’s decision to relocate the capital city from Jakarta to East Kalimantan in terms of economic, human, and environmental aspects. This paper develops an integrated prediction simulation model based on IW and system dynamics and sets three scenarios, depending on the expected population recovery in Jakarta and the increased immigration into the new capital city (NCC) from the nearby areas after the public sector relocates. The most reliable scenario projects benefit of USD 169 billion in IW in 2050, equivalent to 2.41% of the expected cumulative real gross domestic product (GDP) growth in Indonesia from 2021 to 2050. Regarding the sustainability of the relocation, the current investment plans are not sustainable, largely because of the negative impact on human capital, comprising the education and health capital caused by the income gap between Jakarta and the NCC, and due to depreciation of produced capital. This study makes a significant contribution to the integrated evaluation of capital city relocations for Indonesia and beyond, because no previous study of such relocations combines produced, human, and natural capital. This is the first policy evaluation to include the impact of migration on IW, which plays an important role in IW literature, because population is a key model factor.

Keywords: inclusive wealth; system dynamics; sustainability prediction model; capital city relocation; Indonesia

<https://doi.org/10.3390/su12104336>

2. インドネシアの首都移転

<研究の背景>

2019年8月26日 閣議決定

首都移転: ジャカルタ → 東カリマンタン州



2. インドネシアの首都移転

<研究の目的>

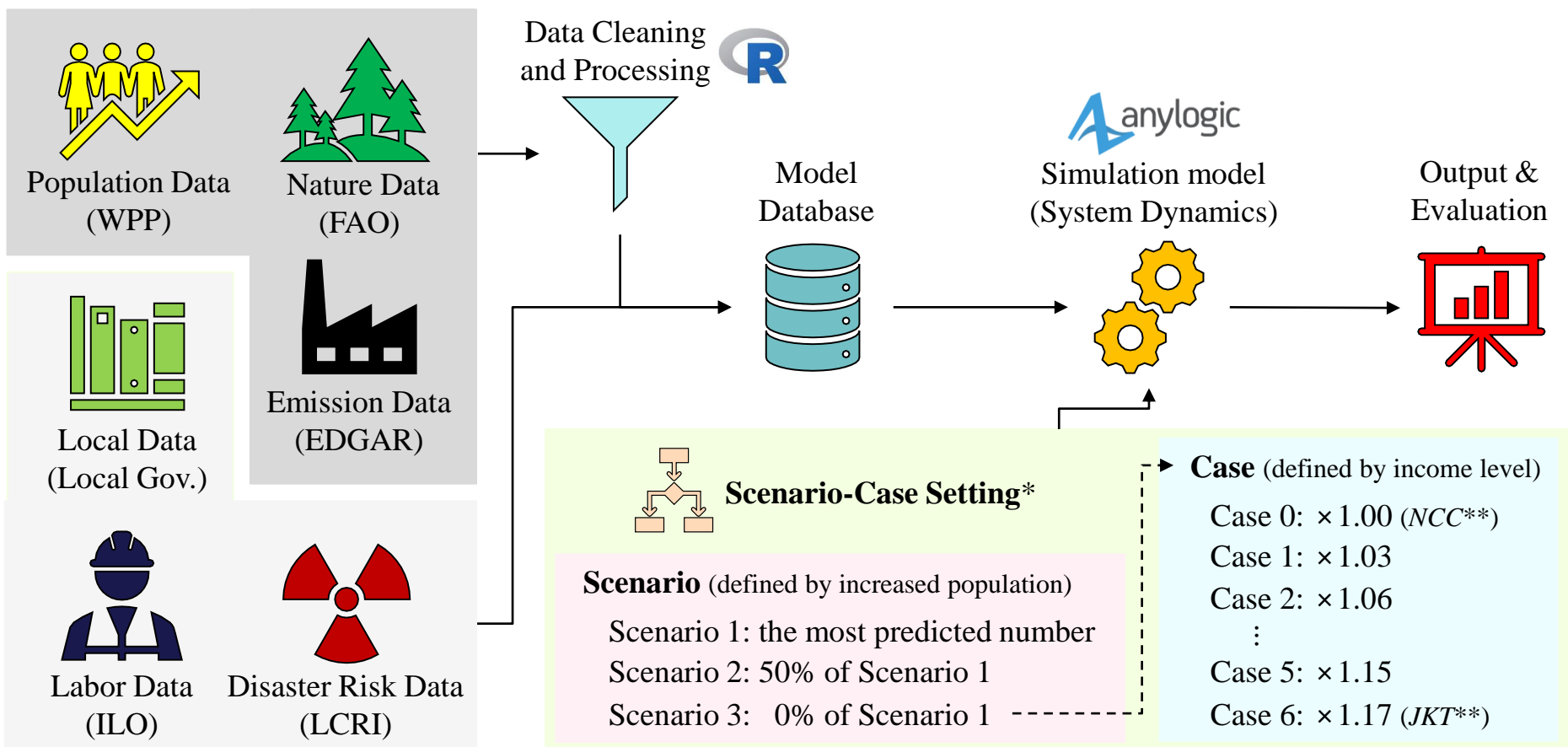
- ① インドネシアの首都移転計画の**包括的な予測評価**
- ② インドネシアの首都移転への**政策的貢献**
- ③ 社会政策の評価手法への**学術的貢献**

<研究の新規性>

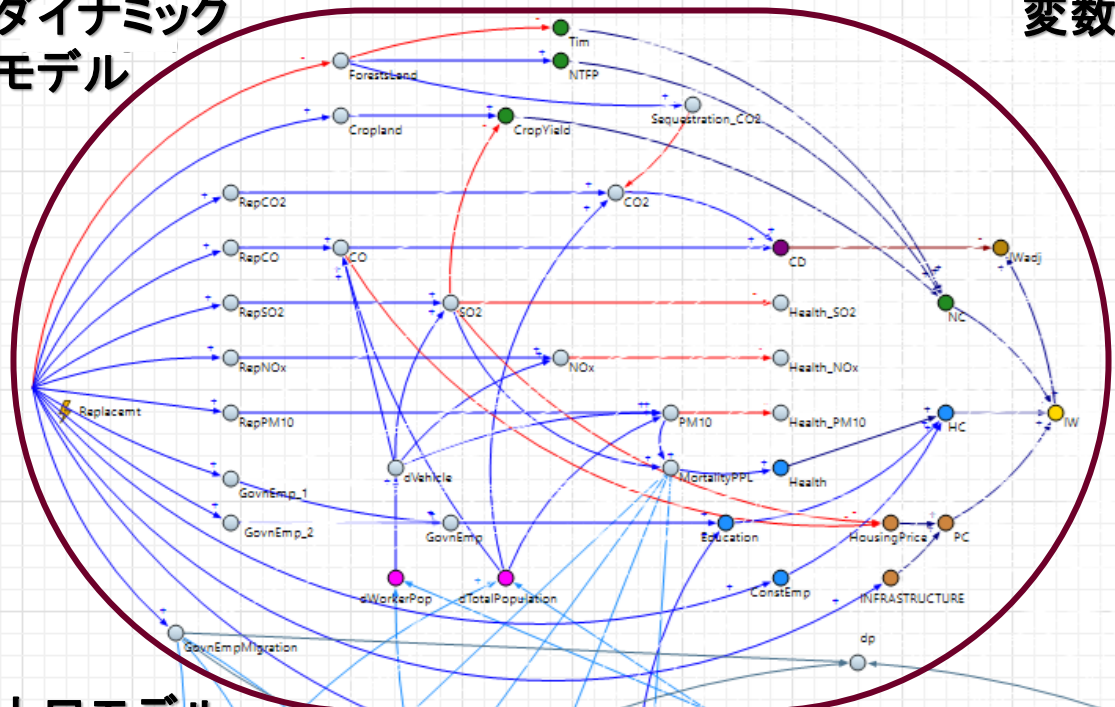
- ① 首都移転に関する初めての包括的な学術研究
- ② 移民がInclusive Wealthに及ぼす影響の初めての学術研究

2. インドネシアの首都移転

<研究の方法：フレームワーク>



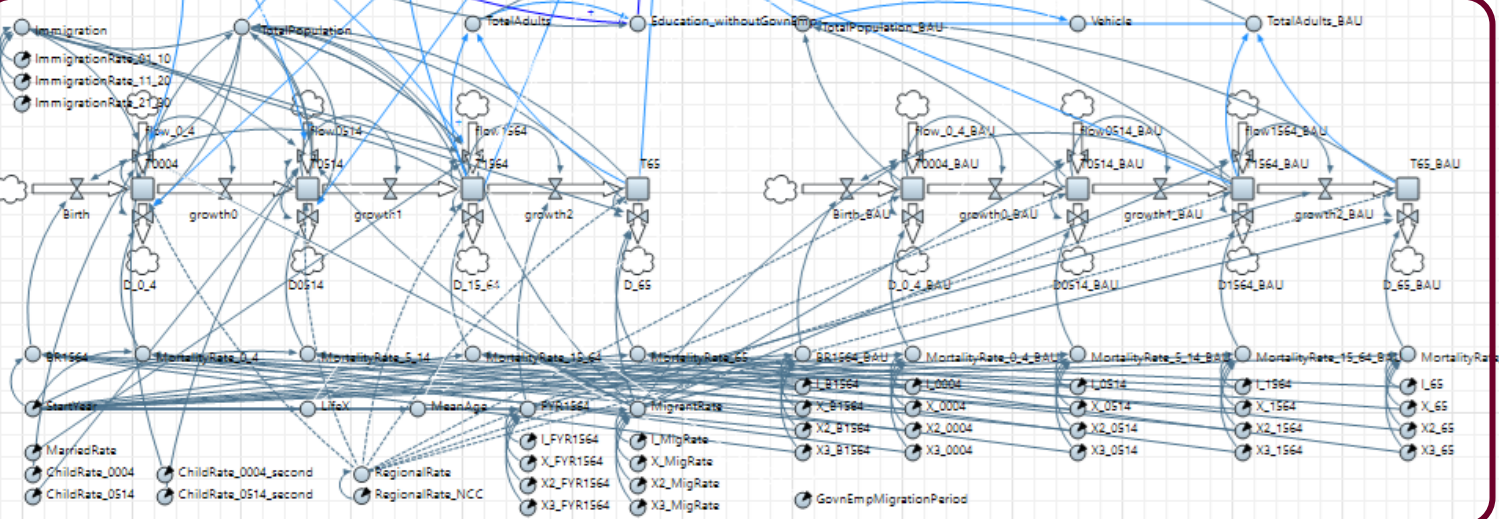
ダイナミック モデル



変数

- PreparationPeriod
- ConstructionPeriod_NCC2
- ConstructionPeriod_NCC
- CO2EmissionFromReplacemant
- COEmissionFromReplacemant
- NOxEmissionFromReplacemant
- SO2EmissionFromReplacemant
- PM10EmissionFromReplacemant
- NumberOfGovernmentOfficer
- WageOfGovernmentOfficerDR2019
- GovnEmpPeriod
- Area_EastKali
- Radius_EastKali
- Replacemnt
- GovnEmp_1
- GovnEmp_2
- GovnEmpMigration
- CurrencyConversionUSD_1809
- CurrencyConversionUSD1995
- CurrencyConversionUSD2000
- CurrencyConversionUSD2005
- CurrencyConversionUSD2009
- CurrencyConversionDR2019
- EstimatedLandConversionOfForest1
- EstimatedLandConversionOfForest2
- CO2FromDeforestation
- CarbonPrice1995
- Crop_MoneyPerArea
- coefficient_POPToVEH
- MolecularWeight_SO2
- AverageTempa_NCC
- ShadowPriceOfTimberForests
- ShadowPriceOfNTPF
- RentalRateOfForests
- DiscountRateOfNTPF
- FractionOfNTPF
- DiscountRateOfCrop
- GrowthRateOfCropland
- coefficient_POPToCO2
- coefficient_POPToCO
- coefficient_POPToPM10
- MWTP_CO
- MWTP_SO2
- Tw
- CrudeMortalityRate
- RateOfAsthmaticPeople
- DiscountRateOfVSL
- coefficient_INFtoCO2
- RenewableEnergyRate
- EduAttachment_ConstEmp
- VSL
- coefficient_INFtoCO
- coefficient_VHCtoCO
- EduAttachment_GovnEmp
- RHAcost
- coefficient_INFtoNOx
- coefficient_VHCtoNOx
- EduAttachment_Average
- ERVcost
- coefficient_INFtoSO2
- coefficient_VHCtoSO2
- TermI
- RAAcost
- coefficient_INFtoPM10
- coefficient_VHCtoPM10
- TermII_Exp
- LRcost
- GovnEmp_TermI
- ConstEmp_TermI
- GovnEmp_p_1_TermII_Exp
- AAcost
- GovnEmp_1_TermII
- ConstEmp_TermII
- GovnEmp_p_2_TermII_Exp
- RSDcost
- GovnEmp_2_TermII
- ConstEmp_TermII_Exp
- ConstWage
- CBcost
- CDAcost
- NetCapital
- TotalInfrastructure
- InitialLoan
- MeanLaborWage
- Investmanted
- CRF
- OMrate
- MeanLaborWage_NCC
- Depreciation
- RealDiscountRate
- ProjectCost
- MinimumWage
- LoanPaybackPerYear
- DepreciationRate_PC
- LaborCostRate
- MinimumWage_NCC
- OM
- LoanPaybackYear
- ConstLaborCost
- MeanLaborWage_JT

人口モデル



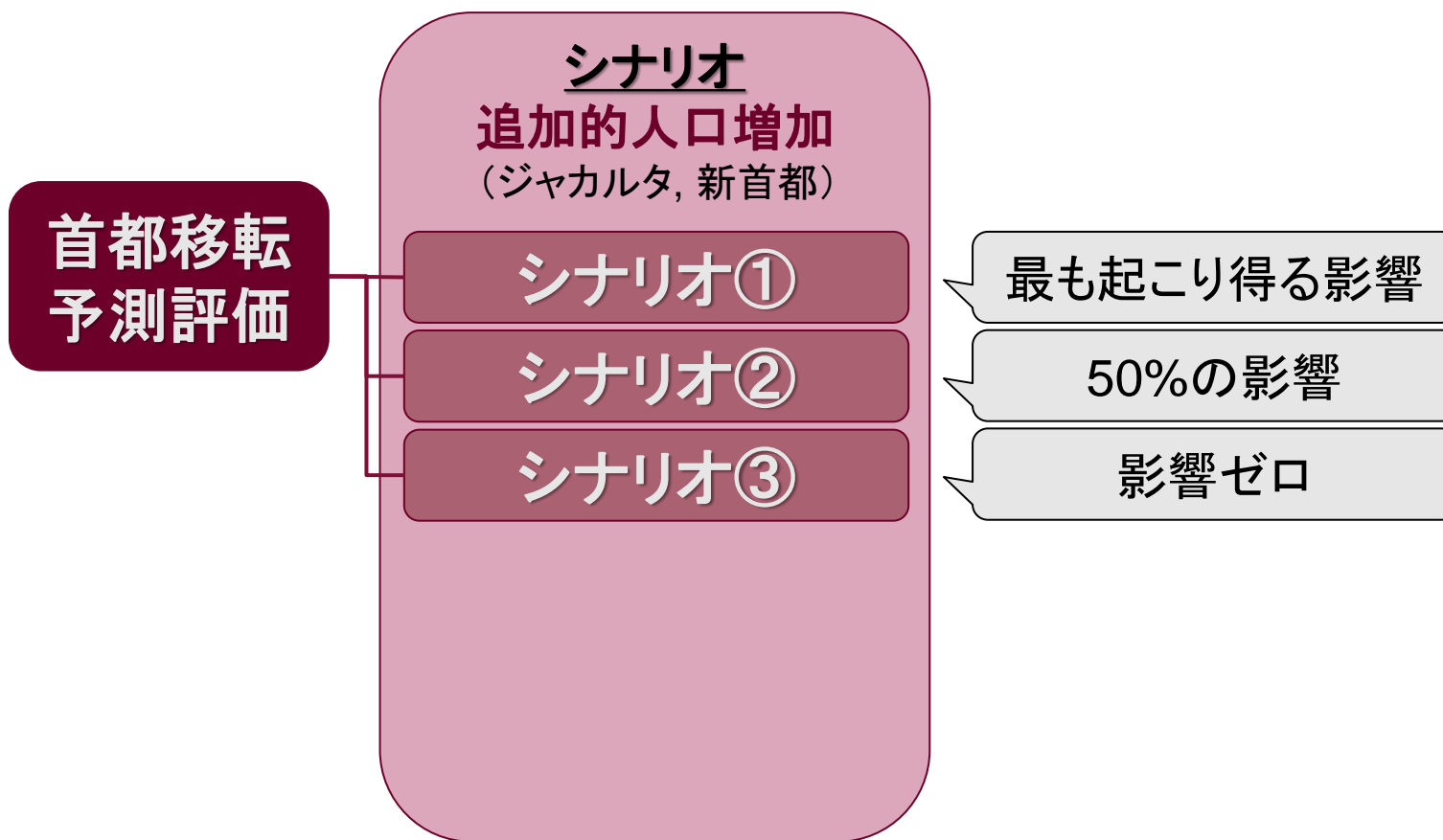
- excel_Input
- excel_Result
- dataset_Vehicle
- dataset_TotalPopulation
- dataset_oTotalPopulation
- dataset_Housing
- dataset_Infra
- dataset_Education
- dataset_Health
- dataset_ConstEmp
- dataset_Crop
- dataset_Tim
- dataset_NTPF
- dataset_T0004
- dataset_T0514
- dataset_T1564
- dataset_T65
- dataset_T0004_BAU
- dataset_T0514_BAU
- dataset_T1564_BAU
- dataset_T65_BAU

データ

(著者作成)

2. インドネシアの首都移転

<研究の方法：3つのシナリオと7つのケース>

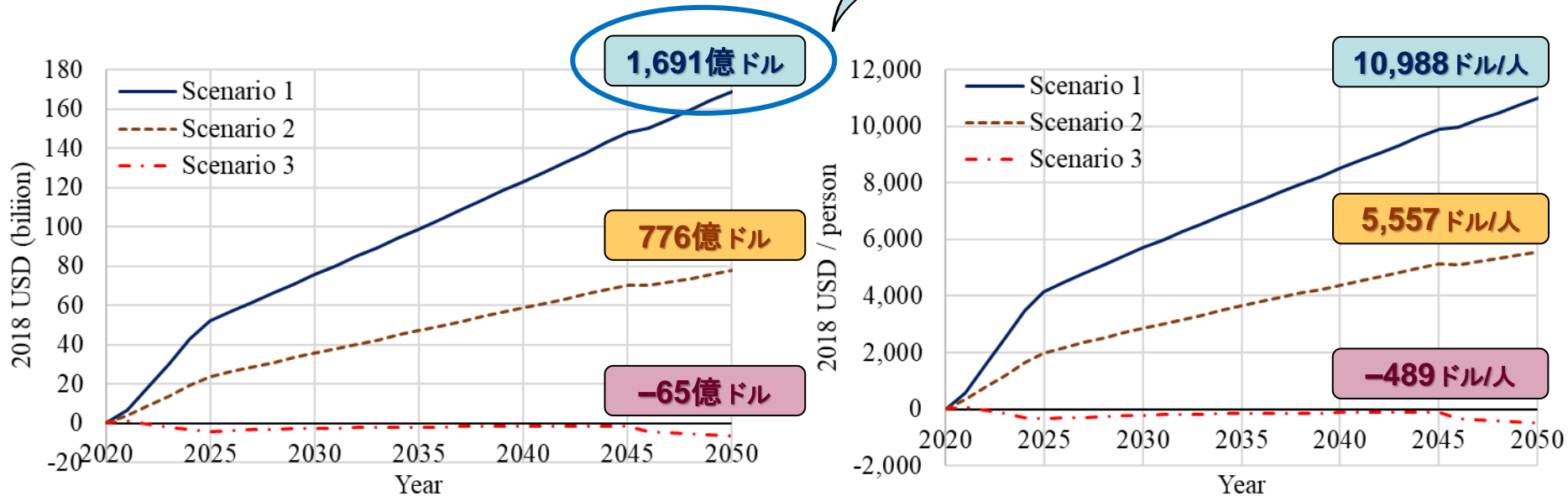


2. インドネシアの首都移転

<結果と考察：Inclusive Wealth (IW)>

2021-2050年
実質GDP成長高
2.41%に相当

図. シナリオ毎の ΔIW [10億USD] (左) と $\Delta 1$ 人あたり値 [USD/人] (右)

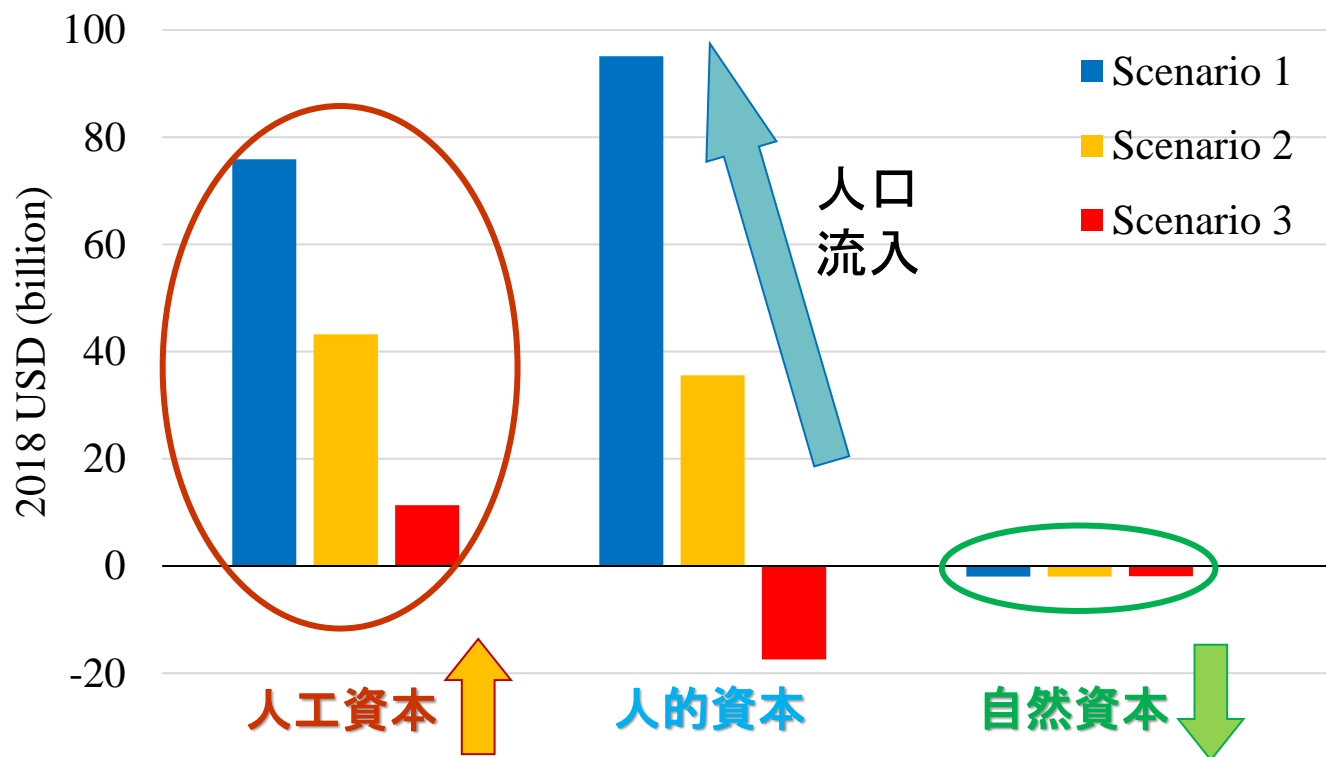


2. インドネシアの首都移転

人工資本と
自然資本の
トレードオフ

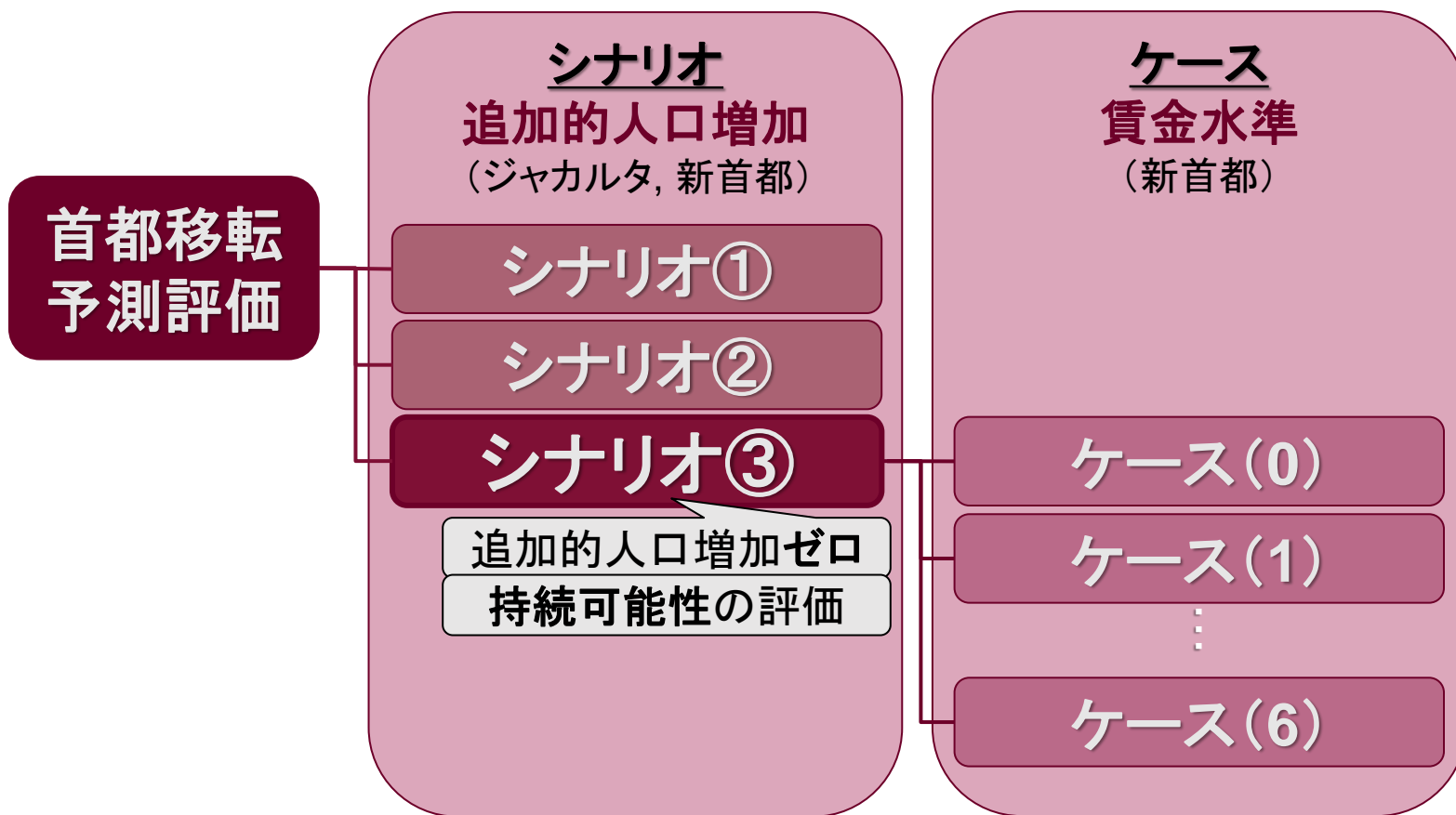
<結果と考察：各資本>

図. シナリオ毎の人工資本・人的資本・自然資本の比較



2. インドネシアの首都移転

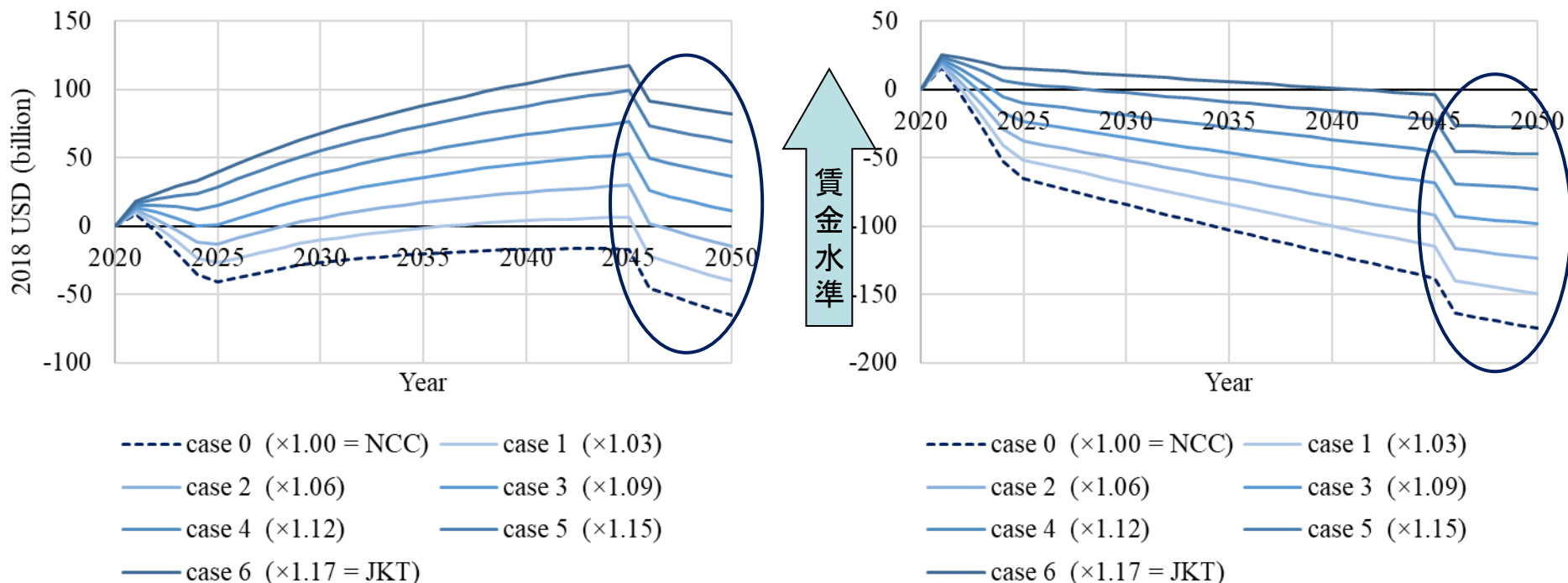
<研究の方法：3つのシナリオと7つのケース>



2. インドネシアの首都移転

<結果と考察：持続可能性 (Inclusive Wealth & 人的資本)>

図. 新首都の賃金水準が、 ΔIW (左) と Δ 人的資本(右) に与える影響



2. インドネシアの首都移転

<結論>

- **新首都**に便益をもたらす最大の要因は、**周辺地域からの追加的な人口増加**である。
(人口動態に伴い、周辺地域の富は減少する)
- 自然資本と人工資本は**トレードオフ関係**にあるが、**自然資本の減耗の影響**は、比較的“**小さい**”。
- 最も影響が大きいのは、“**人的資本**”である。
- 現在の首都移転計画は、“**持続可能的でない**”。

2. インドネシアの首都移転

<政策提言 ~持続可能なwell-beingの達成に向けて~>

◎ 持続可能性への影響度:

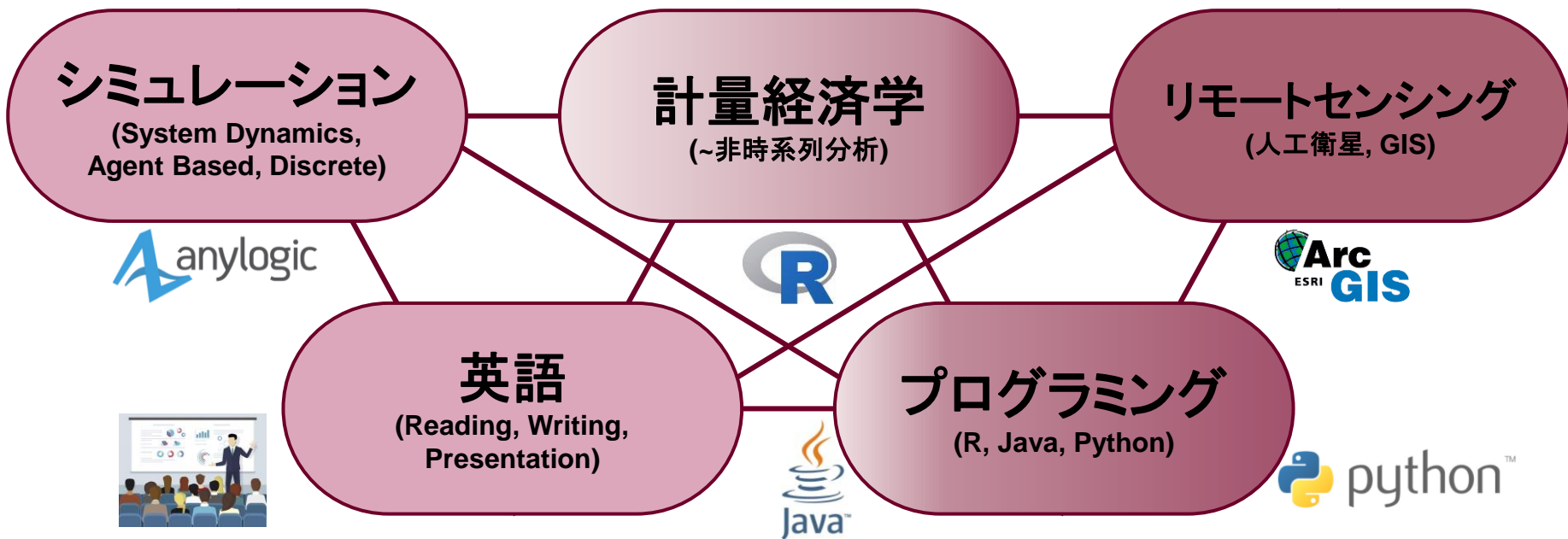
賃金格差縮小 << **人口動態, 人工資本の減耗率**

- ・ 新首都地域の格差是正のため、**教育水準**のボトムアップを図る。
- ・ 首都建設完了後の**人工資本の管理**により、資本の減耗を最小限にとどめる。
- ・ 移転後のジャカルタへの**“人口流入の抑制”**により、周辺地域の人的資本の減少の最小化を図る。

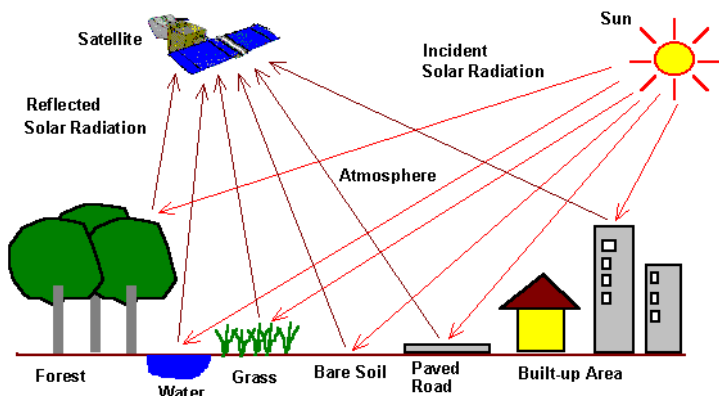
3. 今後の展望

研究①：インドネシアの首都移転(学部)

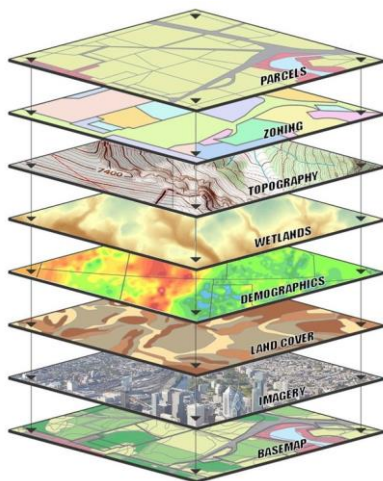
研究②：都市計画(大学院)



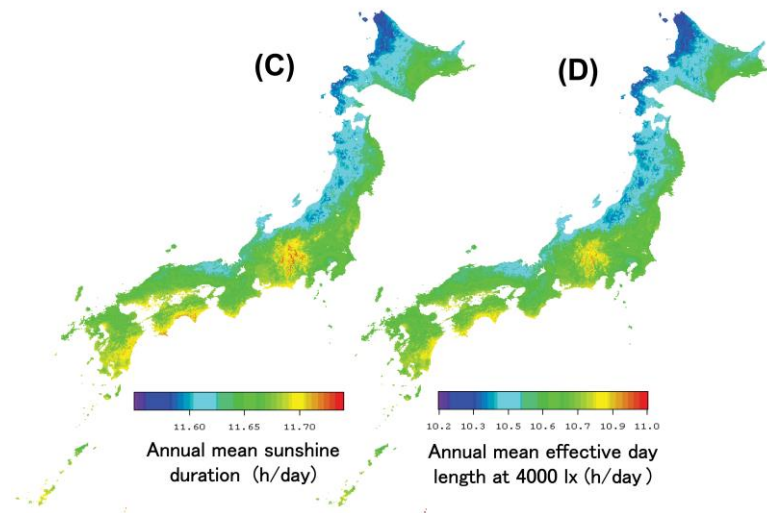
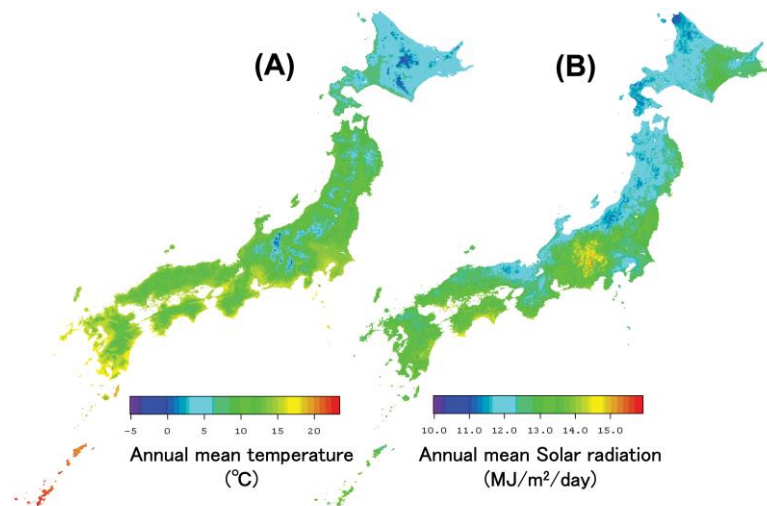
リモートセンシング & GIS



<https://crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/optical.htm>



<https://www.usgs.gov/media/images/gis-data-layers-visualization>

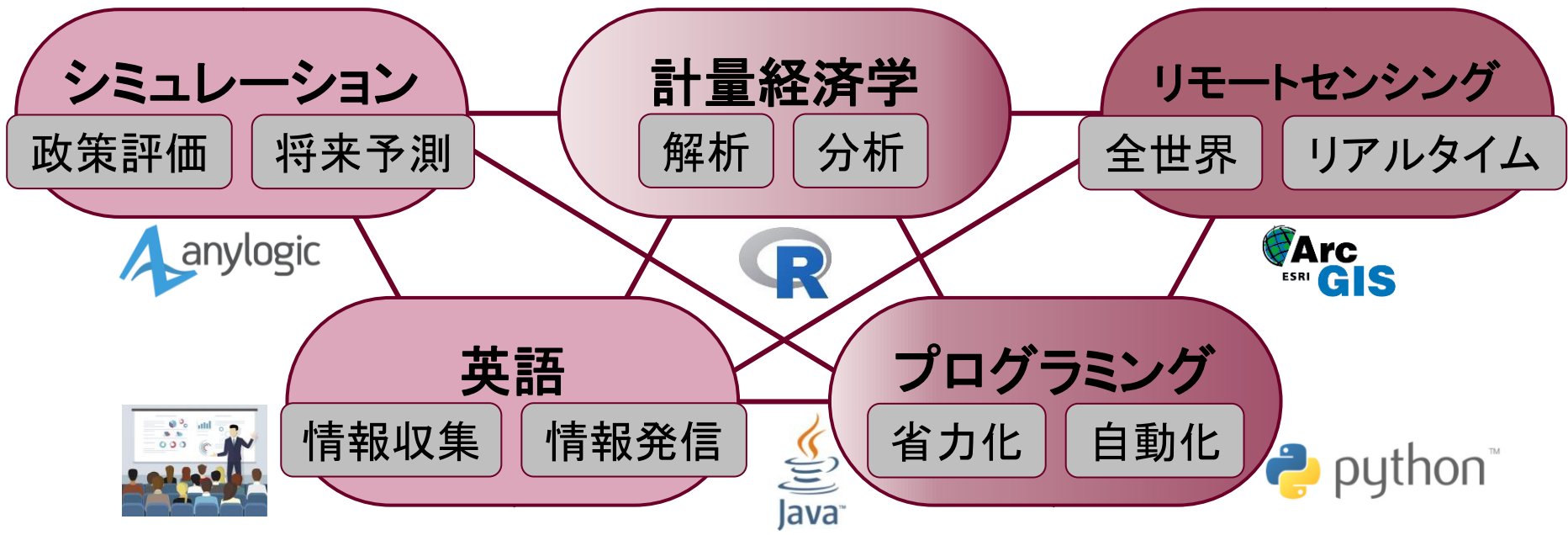


<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0050994.g003>

3. 今後の展望

研究①：インドネシアの首都移転(学部)

研究②：都市計画(大学院)



研究③ (修士論文)

世界の豊かさと持続可能性の可視化システム

主要な引用文献

- Ally, E. A., & Managi, S. (2018). Energy infrastructure and their impacts on societies' capital assets: A hybrid simulation approach to inclusive wealth. *Energy Policy*, 121(May), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.05.070>
- Andreas, H., Zainal Abidin, H., Pradipta, D., Anggreni Sarsito, Di., & Gumilar, I. (2018). Insight look the subsidence impact to infrastructures in Jakarta and Semarang area; Key for adaptation and mitigation. *MATEC Web of Conference*, 147, 1–8. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814708001>
- Asri, D. U., & Hidayat, B. (2005). Current Transportation Issues in Jakarta and its Impact on Environment. *Eastern Asia Society for Transport Studies*, 5, 1792–1798.
- BAPPENAS. (2019a). Dampak Ekonomi dan Skema Pembiayaan Pemindahan Ibu Kota Negara [Economic Impacts and Financing Schemes for Moving Capital of the State Capital]. In *Indonesian National Ministry of Planning and Development*. Jakarta, Indonesia.
- BAPPENAS. (2019b). Rencana Pemindahan Ibu Kota Negara [Planned Relocation of the National Capital]. In *Indonesian National Ministry of Planning and Development*. Jakarta, Indonesia: Indonesia National Minister of Planning and Development.
- Bolt, K., Matete, M., & Clements, M. (2002). *Manual for Calculating Adjusted Net Savings*. Washington, D.C., USA: Environment Department, World Bank.
- BPS. (2019). Statistics Service Information. Retrieved from Statistics Indonesia website: <https://silastik.bps.go.id/>
- Elmanisa, A. M., Kartiva, A. A., Fernando, A., Arianto, R., Winarso, H., & Zulkaidi, D. (2016). Land Price Mapping of Jabodetabek, Indonesia. *Geoplanning: Journal of Geomatics and Planning*, 4(1), 53–62. <https://doi.org/10.14710/geoplanning.4.1.53-62>
- FAO. (2017). FAOSTAT. Retrieved from Food and Agriculture Organization website: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Feenstra, R. C., Inklaar, R., & Timmer, M. P. (2015). The Next Generation of the Penn World Table. *American Economic Review*, 105(10), 3150–3182. <https://doi.org/10.1257/aer.20130954>
- Gnagey, M., & Tans, R. (2018). Property-Price Determinants in Indonesia. *Bulletin of Indonesian Economic Studies*, 54(1), 61–84. <https://doi.org/10.1080/00074918.2018.1436158>
- IBGE. (2020). National Census. Retrieved from Brazil Institute of Geography and Statistics website: <https://www.ibge.gov.br/en/statistics/social/population.html>
- IER. (2018). ExternE. Retrieved from University of Stuttgart website: http://www.externe.info/externe_d7/
- ILO. (2018). ILOSTAT. Retrieved from International Labour Organization website: <https://ilostat.ilo.org/>
- JICA, & BAPPENAS. (2004). *the Study on Integrated Transportation Master Plan for Jabodetabek (Phaseii) Final Report Main Report Volume 2: Pre Feasibility Study*. 2(March). Retrieved from http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/11763885_01.pdf
- Kaming, P. F., Olomolaiye, P. O., Holt, G. D., & Harris, F. C. (1998). What Motivates Construction Craftsmen in Developing Countries? A Case Study of Indonesia. *Building and Environment*, 33(2–3), 131–141. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(97\)00041-3](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(97)00041-3)
- Klenow, P. J., & Rodríguez-Clare, A. (1997). The Neoclassical Revival in Growth Economics : Has It Gone Too Far? *National Bureau of Economic Research*, 12(1997), 73–103. <https://doi.org/10.1086/654324>
- Managi, S., & Kumar, P. (2018). Inclusive Wealth Report 2018. In S. Managi & P. Kumar (Eds.), *Routledge*. Oxford, UK.
- Quistorff, B. (2015). Capitalitis? Effects of the 1960 Brazilian Capital Relocation. *SSRN Electronic Journal*, 1–30. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2588620>
- Resosudarmo, B. P., & Napitupulu, L. (2004). Health and economic impact of air pollution in Jakarta. *Economic Record*, 80(SPEC. ISS.). <https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.2004.00184.x>
- Rioja, F. (2013). What Is the Value of Infrastructure Maintenance? A Survey. In G. K. Ingram & K. L. Brandt (Eds.), *Infrastructure and Land Policies* (pp. 347–365). Retrieved from [https://www.lincolinst.edu/pubs/dl/2304_1644_LPCConf_2012_ch13_What Is the Value of Infrastructure Maintenance.pdf](https://www.lincolinst.edu/pubs/dl/2304_1644_LPCConf_2012_ch13_What%20Is%20the%20Value%20of%20Infrastructure%20Maintenance.pdf)
- Syauckat, Y., Sarma, M., Falatehan, A. F., & Bahtiar, R. (2014). Analysis of Willingness to Pay (WTP) to Determine Road Pricing in Jakarta. *Scientific Journal of PPI-UKM*, 1(1), 258–260.
- UN Population Division. (2019). World Population Prospects 2019. Retrieved from United Nations Department of Economic and Social Affairs website: <https://population.un.org/wpp/>
- UNDP. (2019). Briefing note for countries on the 2019 Human Development Report: Indonesia. In *Human Development Report 2019: Inequalities in Human Development in the 21st Century* (pp. 1–9). Retrieved from http://hdr.undp.org/sites/all/themes/hdr_theme/country-notes/NZL.pdf
- UNU-IHDP, & UNEP. (2012). *Inclusive Wealth Report 2012. Measuring progress toward sustainability*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- UNU-IHDP, & UNEP. (2014). *Inclusive Wealth Report 2014. Measuring progress toward sustainability* (C. Scherkenbach & J. Tkacikv, Eds.). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Van der Ploeg, S., & Groot, R. S. de. (2010). *The TEEB Valuation Database – a searchable database of 1310 estimates of monetary values of ecosystem services*. Wageningen, The Netherlands: Foundation for Sustainable Development.
- World Bank. (2006). *Where is the Wealth of Nations?* Washington, DC: World Bank.
- Yusuf, A. A., & Resosudarmo, B. P. (2009). Does clean air matter in developing countries' megacities? A hedonic price analysis of the Jakarta housing market, Indonesia. *Ecological Economics*, 68(5), 1398–1407. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.011>



ご清聴ありがとうございました。

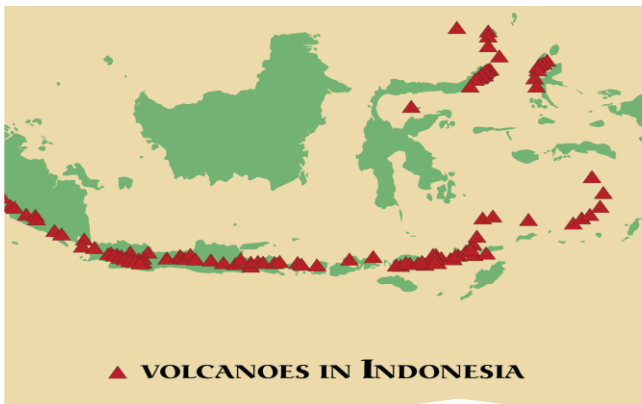
首都移転の理由(ジャカルタ)



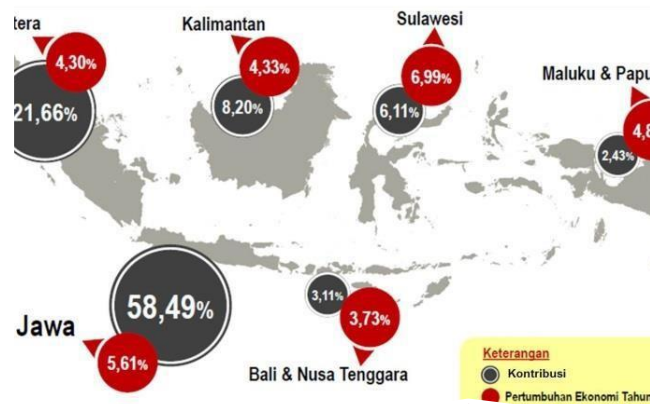
①交通渋滞



②環境汚染



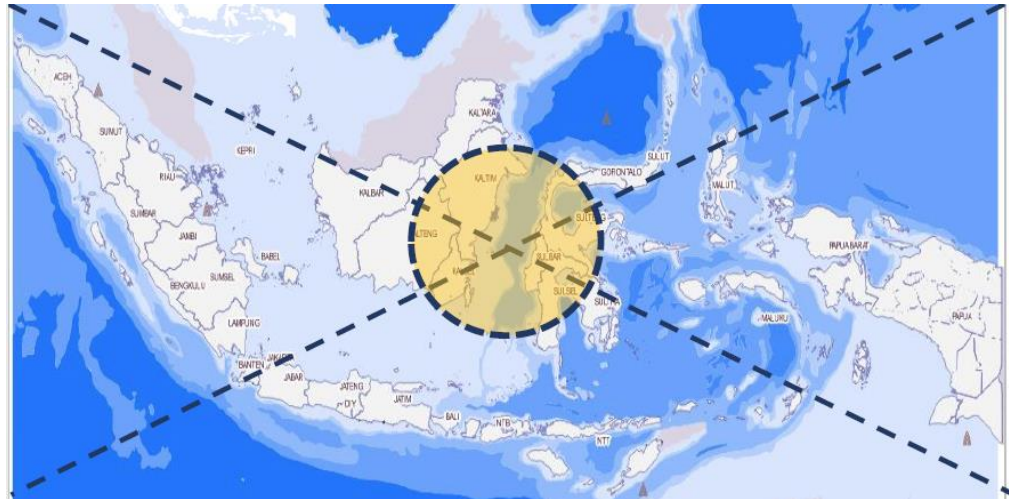
③自然災害リスク



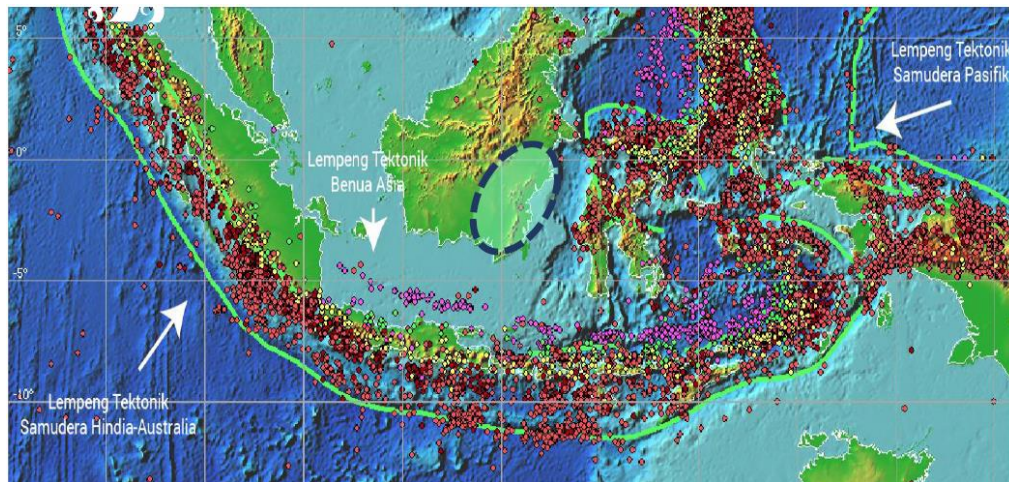
④経済と人口の集中

新首都の特徴

①地理的中心

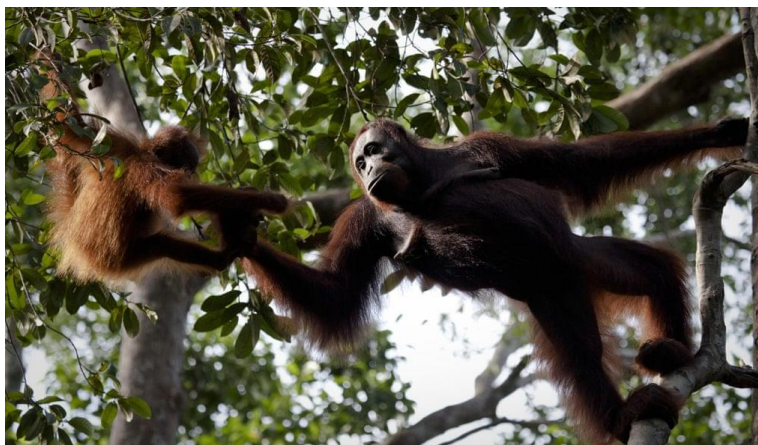


②災害リスク



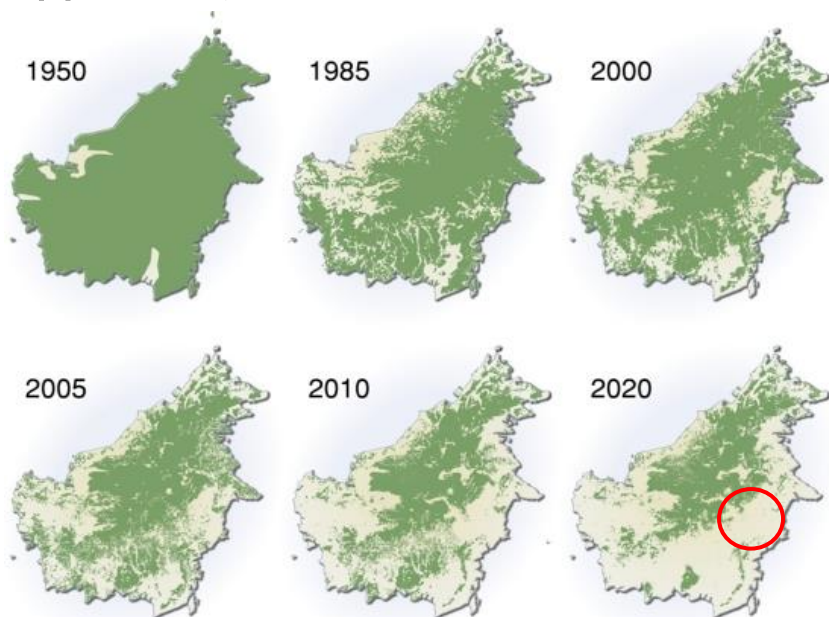
首都移転の問題

- ・熱帯原生林の減少 → 固有種/希少種の減少

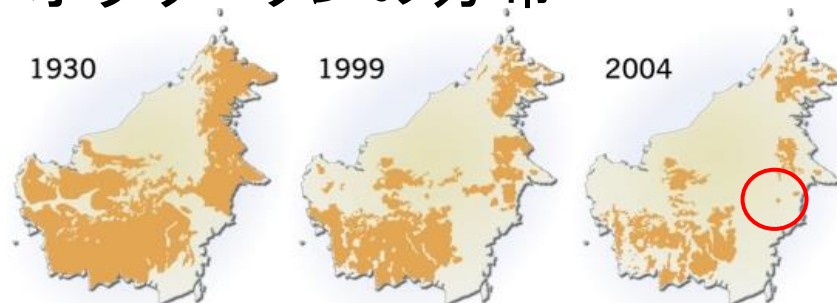


首都移転の問題

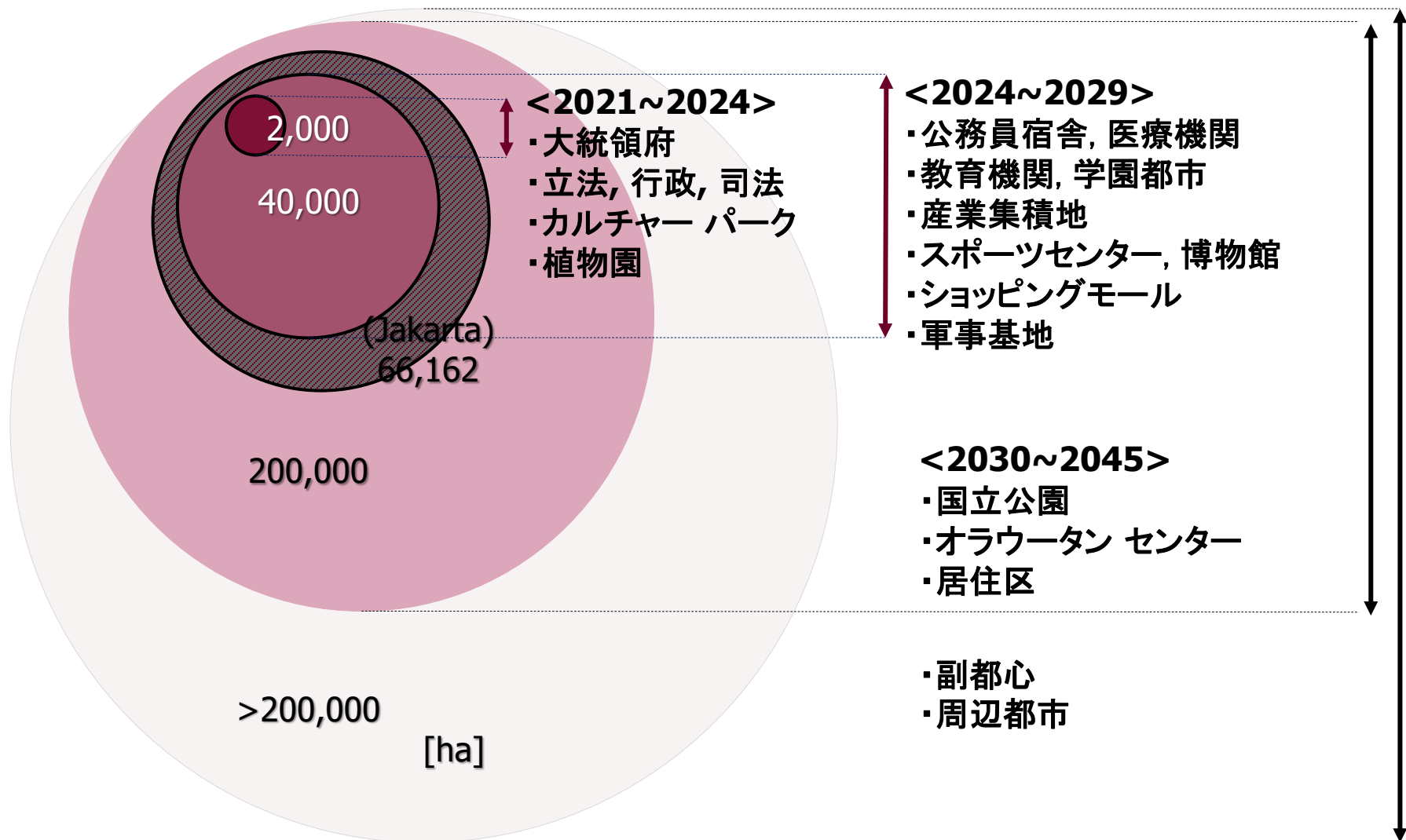
森林減少



オラウータンの分布



新首都の都市計画



首都移転の費用

支出

	Component	USD (億)
1.	Main Function	37.3
2.	Supporting Function	170.8
3.	Infrastructure	125.6
4.	Land Procurement	5.8
Total		340.5

対GDP比
3.27%
(2018)

(World Bank 2019)

歳入

	Component	USD (億)
1.	National Disposable Income	65.6
2.	Mortgage	186.1
3.	Private	89.3
Total		341.1

c.f. Brazil
Brasilia (1960)
2~3%

(Gordon 2006)

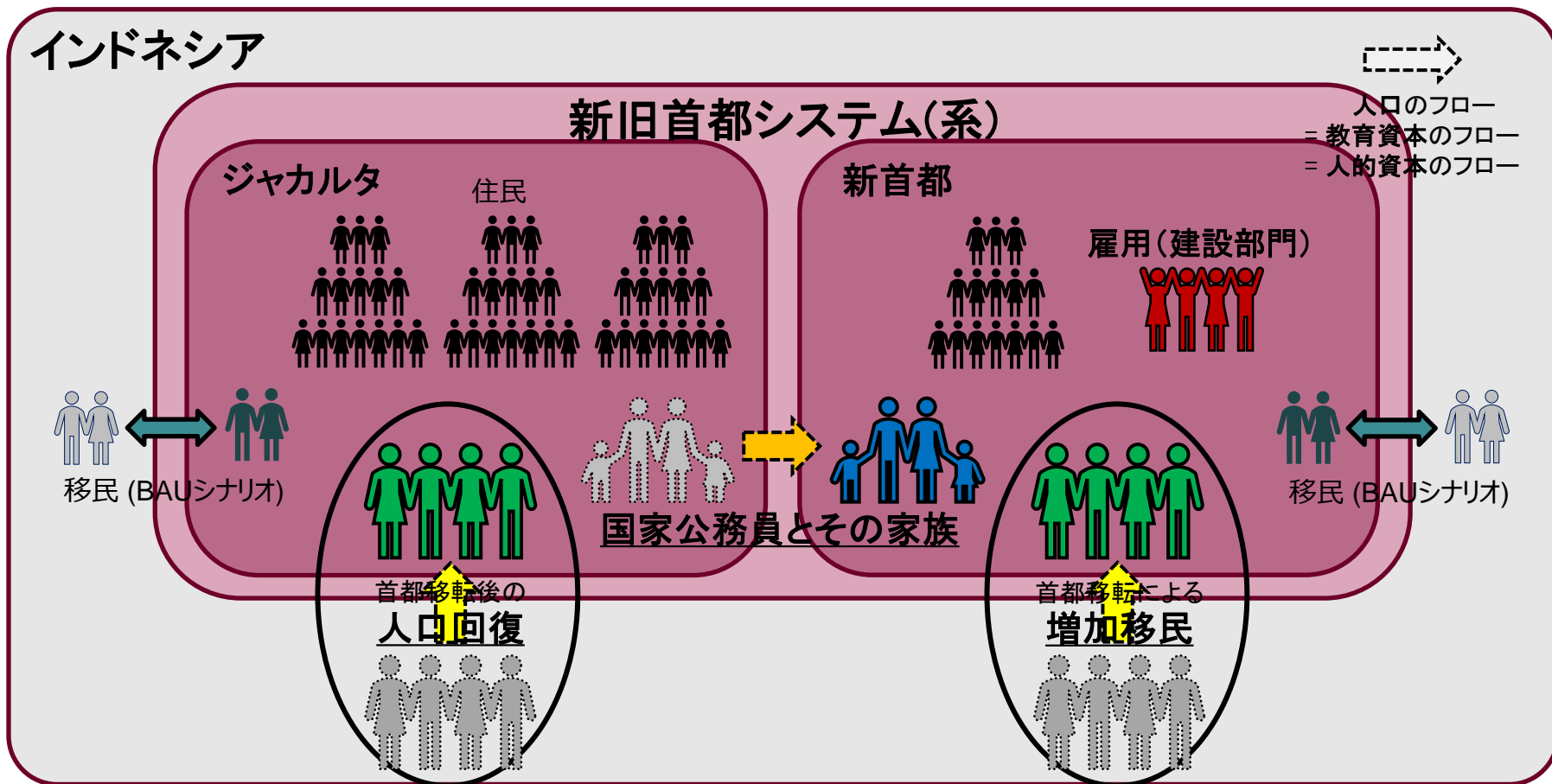
新首都の利点と懸念点

	インドネシア全体	ジャカルタ	新首都
+	<ul style="list-style-type: none"> ・公共投資 ・経済成長率 ↑ ・自然災害リスク ↓ 	<ul style="list-style-type: none"> ・交通量 ↓ ・環境汚染 ↓ ・地盤沈下 ↓ 	<ul style="list-style-type: none"> ・雇用 ↑ ・人口成長率 ↑ ・経済成長率 ↑
-	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー消費 ↑ 	<ul style="list-style-type: none"> ・人口成長率 ↓ ・経済成長率 ↓ 	<ul style="list-style-type: none"> ・環境劣化 ・森林減少 ・健康被害 ↑

⇒ Inclusive Wealth (IW) を用いて、
首都移転を総合的に評価。

2. インドネシアの首都移転

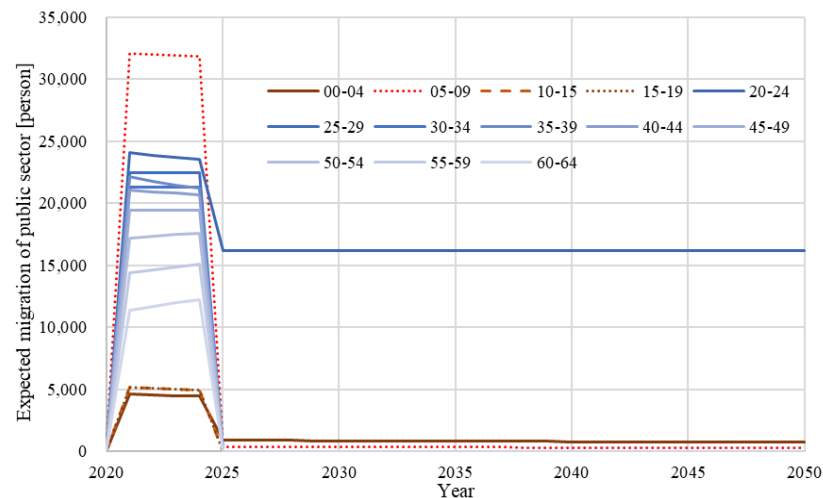
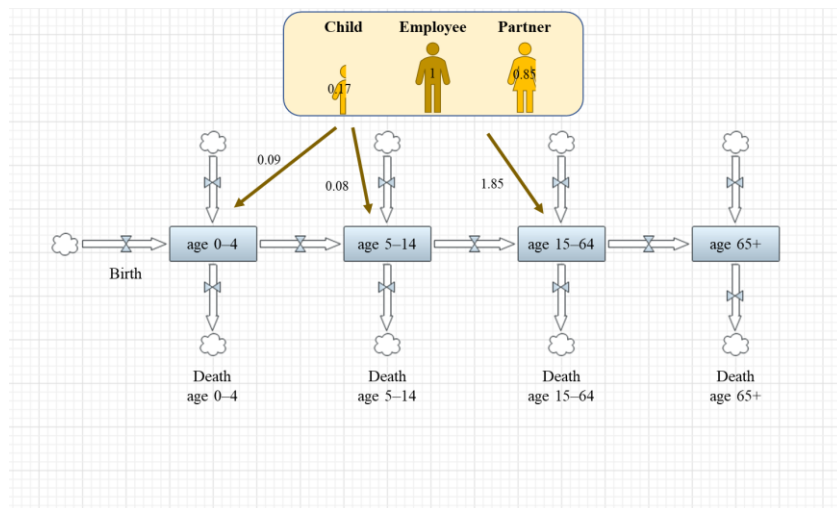
<研究の方法：人口モデル>



2. インドネシアの首都移転

<研究の方法：人口モデル(国家公務員)>

図. 国家公務員1人に対するジャカルタから新首都への移民の年齢別の増加率 [%]



2. インドネシアの首都移転

<研究の方法：人口モデル(国家公務員)>

表. 国家公務員1人に対するジャカルタから新首都への移民の年齢別の増加率 [%]

	Age 0-4	Age 5-9	Age 10-14	Age 15-19	Age 20-24	Age 25-64
2021-2024	4.82	34.07	5.37	5.37	25.37	19.95
2025-2050	9.18	3.68	0	0	85.00	0
Total	8.60	7.73	0.716	0.72	163.72	2.66

2. インドネシアの首都移転

<研究の方法：シナリオ設定>

表. 該当地域の人口に対する人口回復率(ジャカルタ)と増加移民率(新首都) [%]

	<u>Jakarta</u> population recovery rate	<u>NCC</u> increased immigration rate		
	2021-2050	2021-2030	2031-2040	2041-2050
Scenario 1	90	9.93	4.78	0.75
Scenario 2	45	4.97	2.39	0.38
Scenario 3	0	0	0	0

Note: Scenario 1 is estimated through (Quisoff 2015; IBGE 2019). Scenario 2 has the half value of Scenario 1.
No immigration from outside the concerned system is expected in Scenario 3.

2. インドネシアの首都移転

<研究の方法：ケース設定>

表. 新首都の賃金水準による7つのケース設定

	Adjusted factor	Note
Case 0	× 1.00	current NCC
Case 1	× 1.03	
Case 2	× 1.06	
Case 3	× 1.09	
Case 4	× 1.12	
Case 5	× 1.15	
Case 6	× 1.17	current Jakarta

インドネシアの首都移転

<研究の方法：IWモデル>

$$\Delta IW I(t) = \Delta PC(t) + \Delta HC(t) + \Delta NC(t)$$

$$\Delta IW Iplus(t) = \Delta IW I(t) - \Delta ND(t)$$

where

$\Delta PC(t)$: 時間 t における人工資本の変量 [USD]

$\Delta HC(t)$: 時間 t における人的資本の変量 [USD]

$\Delta NC(t)$: 時間 t における自然資本の変量 [USD]

$\Delta ND(t)$: 時間 t における災害リスクの変量 [USD]

インドネシアの首都移転

<研究の方法：人工資本モデル>

$$\Delta PC_i(t) = \sum_{\tau=1}^t \{ \Delta I_i^k(t) \cdot (1 - \delta^{PC})^{t-\tau} \}$$

$$\Delta I_i^k(t) = \{ \Delta NetInfra_{NCC}(t), \Delta ExtLand_{JKT}(t), \Delta Housing_i(t), \Delta Ps_{JKT}(t), \Delta Inv_i(t) \}$$

where

δ^{PC} : 人工資本の資本減耗率 [%]

$NetInfra_{NCC}$: 新首都のインフラ [USD]

$ExtLand_{JKT}$: 公共機関移転後のジャカルタの利用可能な土地 [USD]

$Housing_i$: 場所*i*の環境汚染による住宅資本の変動 [USD]

Ps_{JKT} : ジャカルタの生産性の渋滞緩和による生産性の改善 [USD]

Inv_i : 経済規模(GDP)による投資の変量 [USD]

インドネシアの首都移転

<研究の方法：人工資本モデル(インフラ)>

$$\Delta NetInfra_{NCC}(t) = (1 - R^{OM} - R_{const}^{Labor}) \cdot Inv_{NCC}^{const}(t) - LoanPbk(t)$$

where

R^{OM} : 事業規模に対する維持管理費の割合 [%]

R_{const}^{Labor} : 事業規模に対する雇用費用の割合 [USD]

Inv_{NCC}^{const} : 新首都のインフラの投資額 [USD]

$LoanPbk$: ローン返済額 [USD]

インドネシアの首都移転

<研究の方法：人工資本モデル(ジャカルタの土地)>

$$ExtLand_{JKT}(t) = \begin{cases} P_{JKT}^{land} \cdot (\Delta A_{JKT}^{ext} / T_{JKT}^{const}), & 0 < t \leq T_{JKT}^{const} \\ 0, & T_{JKT}^{const} \leq t \leq T \end{cases}$$

where

P_{JKT}^{land} : ジャカルタの単位当たりの地価 [USD/m²]

A_{JKT}^{ext} : 首都移転後にジャカルタで利用可能な土地面積 [m²]

T_{JKT}^{const} : 首都移転にかかる期間 [year]

インドネシアの首都移転

<研究の方法：人工資本モデル(住宅資本)>

$$\Delta House_i(t) = \frac{Pop_i(t)}{HouseS_i(t)} \cdot \sum_m (\alpha_{hosue}^l \cdot \Delta C_i^l(t))$$

where

Pop : 人口 [person]

$HouseS$: 世帯当たりの人数 [person/house]

α_{hosue}^l : 汚染物質 l に対する住宅価格の減少係数 [USD/($\mu\text{g}/\text{m}^3$)]

C^l : 汚染物質 l の濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

インドネシアの首都移転

<研究の方法：人工資本モデル(ジャカルタの生産性)>

$$\Delta PS_{JKT}(t) = \alpha_{JKT}^{prd} \cdot \alpha_{JKT}^{trip} \cdot A^{work} \cdot \Delta Vhc_{JKT}(t)$$

where

α_{JKT}^{prd} : 1トリップ当たりの生産性の減少額 [USD/trip]

α_{JKT}^{trip} : 1自動車当たりのトリップの増加数 [(trip/day)/number]

A^{work} : 1年あたりの自動車稼働日数 [day/year]

Vhc_{JKT} : 登録自動車数 [number]

インドネシアの首都移転

<研究の方法：人工資本モデル(投資)>

$$\Delta Inv_i(t) = \alpha_i^{Inv} \cdot \Delta GDP_i(t)$$

$$\Delta GDP_i(t) = \Delta HouseSpe_i(t) = \alpha_i^{GDP} \cdot \Delta Pop_i(t)$$

where

α_i^{Inv} : GDPに占める投資の割合 [%]

α_i^{GDP} : 1人当たりの家庭消費(政府移転含) [USD/person]

A^{work} : 1年あたりの自動車稼働日数 [day/year]

GDP_i : 地域総生産 [USD]

インドネシアの首都移転

<研究の方法：人的資本モデル>

$$\Delta HC_i(t) = \begin{cases} \Delta Edu_i(t) + \Delta Health_i(t) + \Delta MediCost_i & , i = JKT \\ \Delta Edu_i(t) + \Delta Health_i(t) + \Delta MediCost_i + \Delta Emp_i(t) & , i = NCC \end{cases}$$

where

Edu: 教育資本 [USD]

Health: 健康資本 [USD]

MediCost: 医療費 [USD]

Emp: 建設部門の雇用 [USD]

インドネシアの首都移転

<研究の方法：人的資本モデル(教育資本)>

$$\Delta Edu_i(t) = \left\{ e^{(A_t^s \cdot \rho)} \cdot Pop_{i,1}^{s,15+} \cdot \int_t^{T^{work}} (\bar{r}_{i,1}^s \cdot e^{-\delta^{HC} \cdot t}) dt \right\} \\ - \left\{ e^{(A_t^s \cdot \rho)} \cdot Pop_{i,0}^{s,15+} \cdot \int_t^{T^{work}} (\bar{r}_{i,0}^s \cdot e^{-\delta^{HC} \cdot t}) dt \right\}$$

where

A^s : 部門 s の教育年数 [year]

$Pop^{s,15+}$: 部門 s の人口 [person]

\bar{r}^s : 1部門 s の平均年収 [USD/year]

T^{work} : 残りの雇用年数 [year]

ρ : 教育の利率 [%], δ^{HC} : 教育資本の減耗率 [%]

インドネシアの首都移転

<研究の方法：人的資本モデル(健康資本)>

$$\Delta Health_i(t) = \Delta Mortality_i(t) + \Delta RAD_i(t)$$

$$\begin{aligned} \Delta Mortality_i(t) = & \sum_{u=t-1}^{d_1(t)-a_1(t)} \left\{ VSL_{i,1}(t) \cdot \sum_l \left(\alpha_i^{l,mtr}(t) \cdot CM \cdot C_{i,1}^l(t) \cdot Pop_{i,1}(t) \right) \right\} \\ & - \sum_{u=t-1}^{d_0(t)-a_0(t)} \left\{ VSL_{i,0}(t) \cdot \sum_l \left(\alpha_i^{l,mtr}(t) \cdot CM \cdot C_{i,0}^l(t) \cdot Pop_{i,0}(t) \right) \right\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta RAD_i(t) = & \left\{ r_i^{min} \cdot \left(\alpha_i^{PM_{10},RAD}(t) \cdot C_{i,1}^{PM_{10}}(t) \cdot Pop_{i,1}(t) \cdot Pa_{i,1}(t) \right) \right\} \sum_{u=t-1}^{j_1(t)} (1 - \delta^{HC}) j_1(t) \\ & - \left\{ r_i^{min} \cdot \left(\alpha_i^{PM_{10},RAD}(t) \cdot C_{i,0}^{PM_{10}}(t) \cdot Pop_{i,0}(t) \cdot Pa_{i,0}(t) \right) \right\} \sum_{u=t-1}^{j_0(t)} (1 - \delta^{HC}) j_0(t) \end{aligned}$$

where VSL : Value of Statistical Life [USD]. CM : Crude Mortality rate [%]. C^l : 汚染物質 l の濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].
 Pop : 人口 [person]. Pa : 人口に占める15歳以上の割合 [%]. r^{min} : 最低賃金 [USD/year].
 d : 平均寿命 [year]. a : 平均年齢 [year]. j : 平均余命 [year]. $\alpha^{l,m}$: 病気 m に関する汚染物質 l の係数.

インドネシアの首都移転

<研究の方法：人的資本モデル>

$$\Delta \text{MediCost}_i(t) = \sum_{\tau=1}^t \{ \Delta \text{medicost}_i^l(t) \cdot (1 - \delta^{PC})^{t-\tau} \}$$

$$\Delta \text{medicost}_i^l(t) = \sum_{l,m} \left(\alpha_i^{l,m}(t) \cdot C_{i,1}^l(t) \cdot \text{Pop}_{i,1}(t) \right) - \sum_{l,m} \left(\alpha_i^{l,m}(t) \cdot C_{i,0}^l(t) \cdot \text{Pop}_{i,0}(t) \right)$$

where

δ^{PC} : 人工資本の資本減耗率 [%] (医療費削減分を人工資本に投資すると仮定)

$\alpha_i^{l,m}$: 病気 m に関する汚染物質 l の係数新

C^l : 汚染物質 l の濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Pop : 人口 [person]

インドネシアの首都移転

<研究の方法：人的資本モデル(建設部門の雇用)>

$$\Delta Emp_i(t) = \frac{\sum_{t=1, j=0}^{T_{NCC}^{Const}, T_{NCC}^{Const}-1} \left\{ e^{(A_t^{const} \cdot \rho)} \cdot L_{NCC}^{Const} \cdot \int_t^{T_{NCC}^{Const}} \left(\overline{r_{const}} \cdot e^{-\delta^{HC} \cdot (t-j)} \right) dt \right\}}{T_{NCC}^{Const}}$$

where

A^{const} : 建設部門の教育年数 [year]

L^{const} : 建設部門の雇用需要 [person]

$\overline{r^{const}}$: 建設部門の平均年収 [USD/year]

T^{const} : 首都建設の期間 [year]

ρ : 教育の利率 [%], δ^{HC} : 教育資本の減耗率 [%]

インドネシアの首都移転

<研究の方法：自然資本モデル>

$$\Delta NC_i(t) = \begin{cases} \Delta Fuel_i(t) & , \quad i = JKT \\ \Delta Crop_i(t) + \Delta Tim_i(t) + \Delta NTFP_i(t), & i = NCC \end{cases}$$

where

Fuel: 化石燃料資源 [USD]

Crop: 農地資源 [USD]

Tim: 木材資源 [USD]

NTFP: 非木材の森林資源 [USD]

インドネシアの首都移転

<研究の方法：自然資本モデル(化石燃料)>

$$\Delta Fuel_{JKT}(t) = - \alpha_{JKT}^{fuel} \cdot \alpha_{JKT}^{trip} \cdot A^{work} \cdot \Delta Vhc_{JKT}(t)$$

where

α_{JKT}^{fuel} : ジャカルタの交通渋滞による化石燃料損失の係数

α_{JKT}^{trip} : 1自動車当たりのトリップの増加数 [(trip/day)/number]

A^{work} : 1年あたりの自動車稼働日数 [day/year]

Vhc_{JKT} : 登録自動車数 [number]

インドネシアの首都移転

<研究の方法：自然資本モデル(農地資源)>

$$\Delta Crp_{NCC}(t) = \Delta S_{Indonesia}^{crp}(t) \cdot A_{NCC}^{crp}(t)$$

$$\Delta S_{Indonesia}^{crp}(t) = \sum_{u=1}^{\infty} \frac{\overline{\Delta F_{Indonesia}^{crp}}(t)}{(1 + \delta^{crp})^u}$$

$$\overline{\Delta F_{Indonesia}^{crp}}(t) = \frac{R^{crpGrw}}{A_{Indoneia}^{crp}(t)} \sum_{s=1}^{species} \{P_{s,Indonesia}^{crp}(t) \cdot \Delta Q_{s,Indonesia}^{crp}(t)\}$$

$$\Delta Q_{s,Indonesia}^{crp}(t) = Q_{s,Indonesia}^{crp}(t) \cdot \{1 - R^{crploss}(t)\}$$

where

α_{JKT}^{fuel} : ジャカルタの交通渋滞による化石燃料損失の係数

α_{JKT}^{trip} : 1自動車当たりのトリップの増加数 [(trip/day)/number]

A^{work} : 1年あたりの自動車稼働日数 [day/year]

Vhc_{JKT} : 登録自動車数 [number]

インドネシアの首都移転

<研究の方法：自然資本モデル(木材資源)>

$$\Delta Tim_{NCC}(t) = \begin{cases} (p^{tim} \cdot \Delta A_{NCC}^{frs} \cdot R^{rental}) - \frac{p^{tim} \cdot A_{NCC}^{Core}}{T_{NCC}^{CoreConst}} , & 0 \leq t \leq T_{NCC}^{CoreConst} \\ (p^{tim} \cdot \Delta A_{NCC}^{frs} \cdot R^{rental}) - \frac{p^{tim} \cdot (A_{NCC} - A_{NCC}^{Core})}{T_{NCC}^{CoreConst} - T_{NCC}^{const}} , & T_{NCC}^{CoreConst} \leq t \leq T_{NCC}^{const} \\ p^{tim} \cdot \Delta A_{NCC}^{frs} \cdot R^{rental} , & T_{NCC}^{const} < t \leq T \end{cases}$$

where

p^{tim} : 単位面積当たりの木材価格 [USD/ha]. A_{NCC}^{frs} : 森林面積 [ha].

A_{NCC}^{Core} : 新首都1次開発地の面積 [ha]. A_{NCC} : 新首都全体の面積 [ha].

$T_{NCC}^{CoreConst}$: 新首都1次開発の年数 [year]. T_{NCC}^{const} : 新首都開発の合計年数 [year]

R^{rental} : 森林のレンタル率 [%].

インドネシアの首都移転

<研究の方法：自然資本モデル(非木材資源)>

$$\Delta NTFP_{NCC}(t) = \sum_{\tau=t}^{\infty} \left\{ \frac{P^{NTFP} \cdot \Delta A_{NCC}^{frs}(\tau) \cdot R^{fra}}{(1 + \delta^{NTFP})^{\tau-t}} \right\}$$

where

P^{NTFP} : 単位面積当たりの非木材価格 [USD/ha/year]

A_{NCC}^{frs} : 森林面積 [ha]

R^{fra} : 全森林面積に占める非木材資源の恩恵を受ける割合 [%]

δ^{NTFP} : 非木材資源の減耗率 [%]

インドネシアの首都移転

<研究の方法：災害リスクモデル>

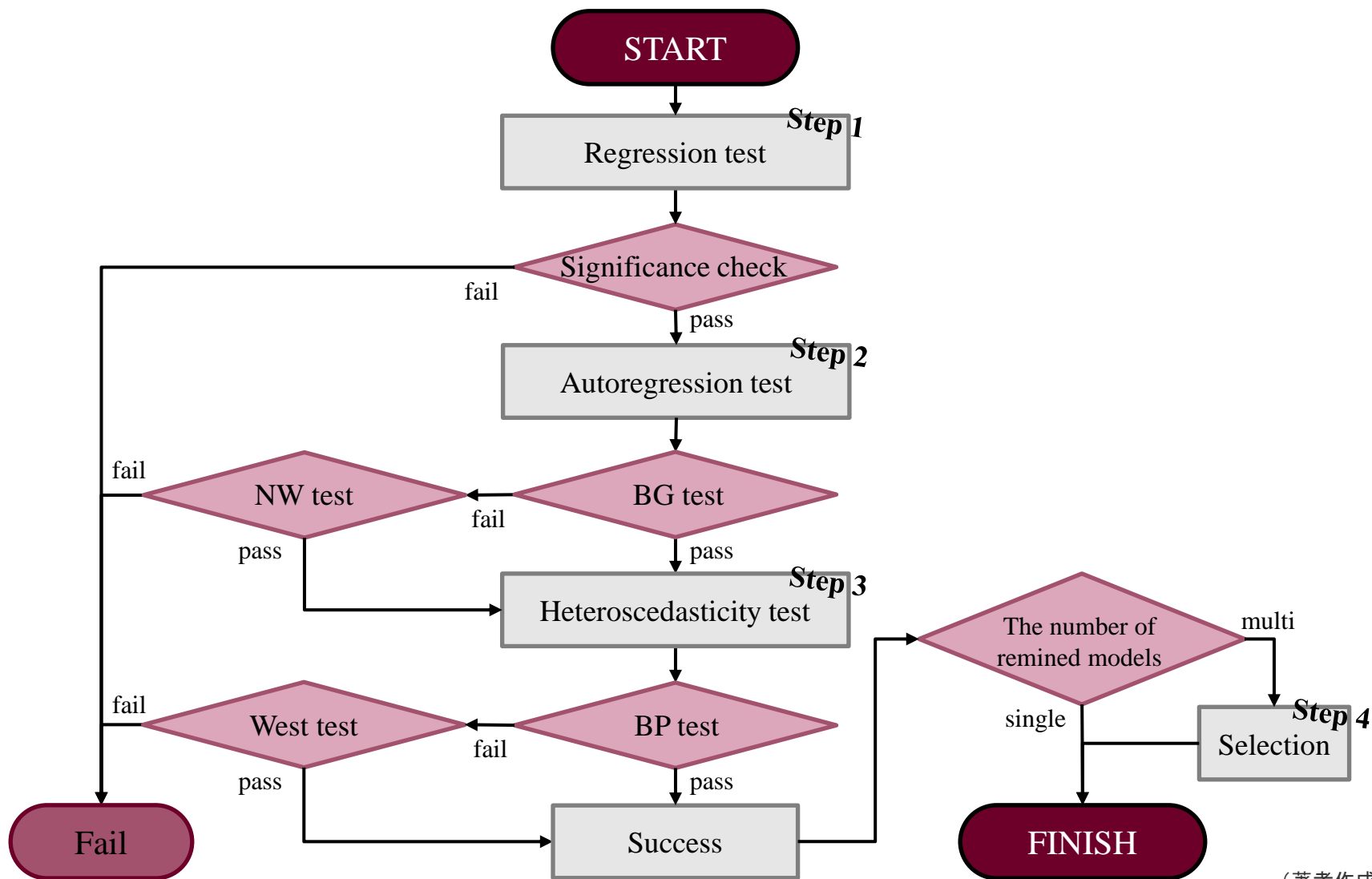
$$\Delta ND_i(t) = \alpha_i^{ND} \cdot \Delta GDP_i(t)$$

where

α_i^{ND} : 潜在的な災害リスクによるGDPに対する損害 [%]

ΔGDP : 地域総生産 [USD]

汚染物質における回帰分析のフローチャート



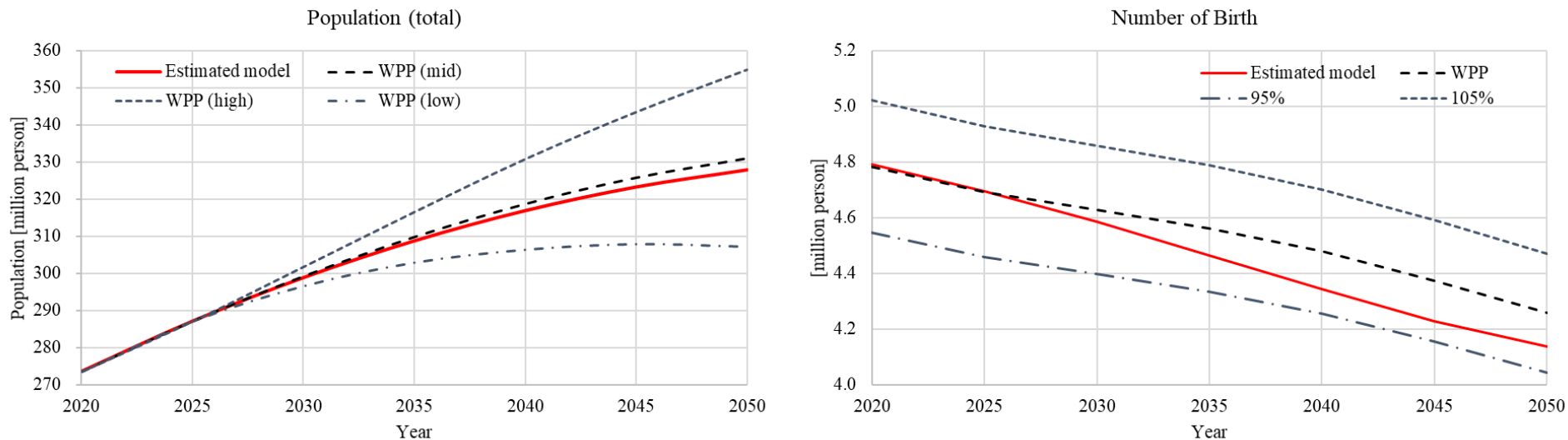
Model Testing

1. Boundary Adequacy
2. Structure Assessment
3. Dimensional Consistency
4. Parameter Assessment
- 5. Extreme Conditions**
6. Integration Error
7. Behavior Reproduction
- 8. Behavior Anomaly**
9. Family Member
10. Surprise Behavior
- 11. Sensitivity Analysis**
12. System Improvement

2. インドネシアの首都移転

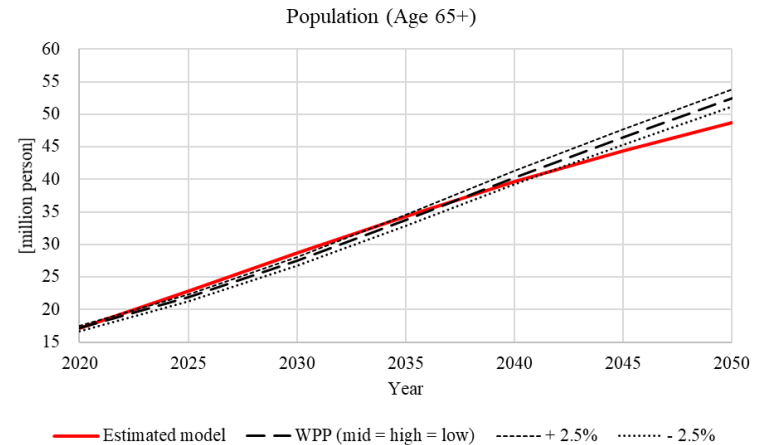
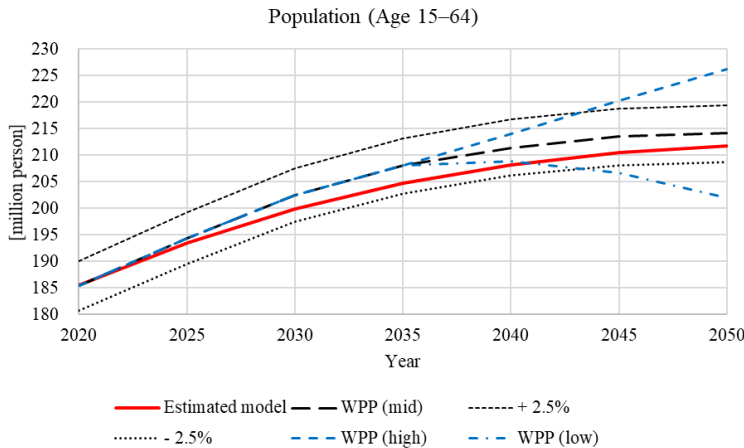
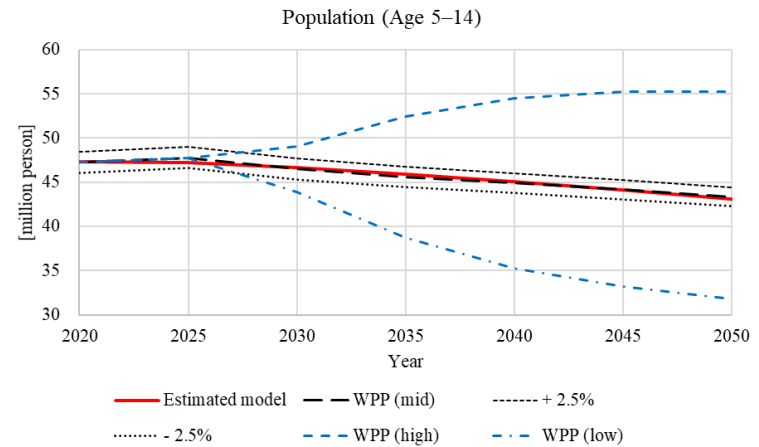
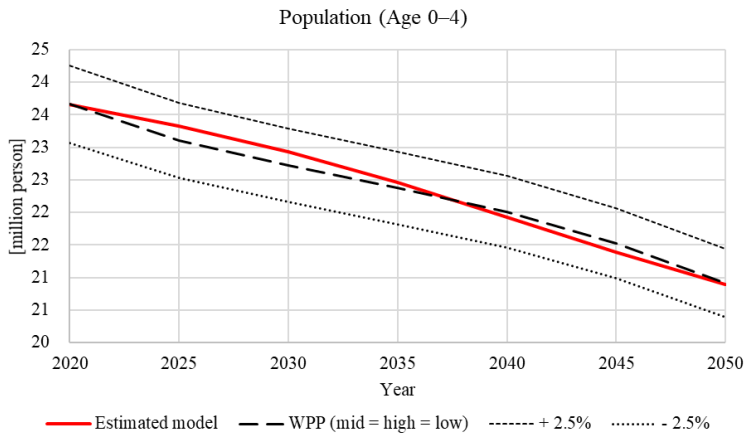
<Behavior Reproduction (Population)>

図. 2020–2050年のインドネシアの合計人口(左) と 出生数(シナリオ1) [百万人]



2. インドネシアの首都移転

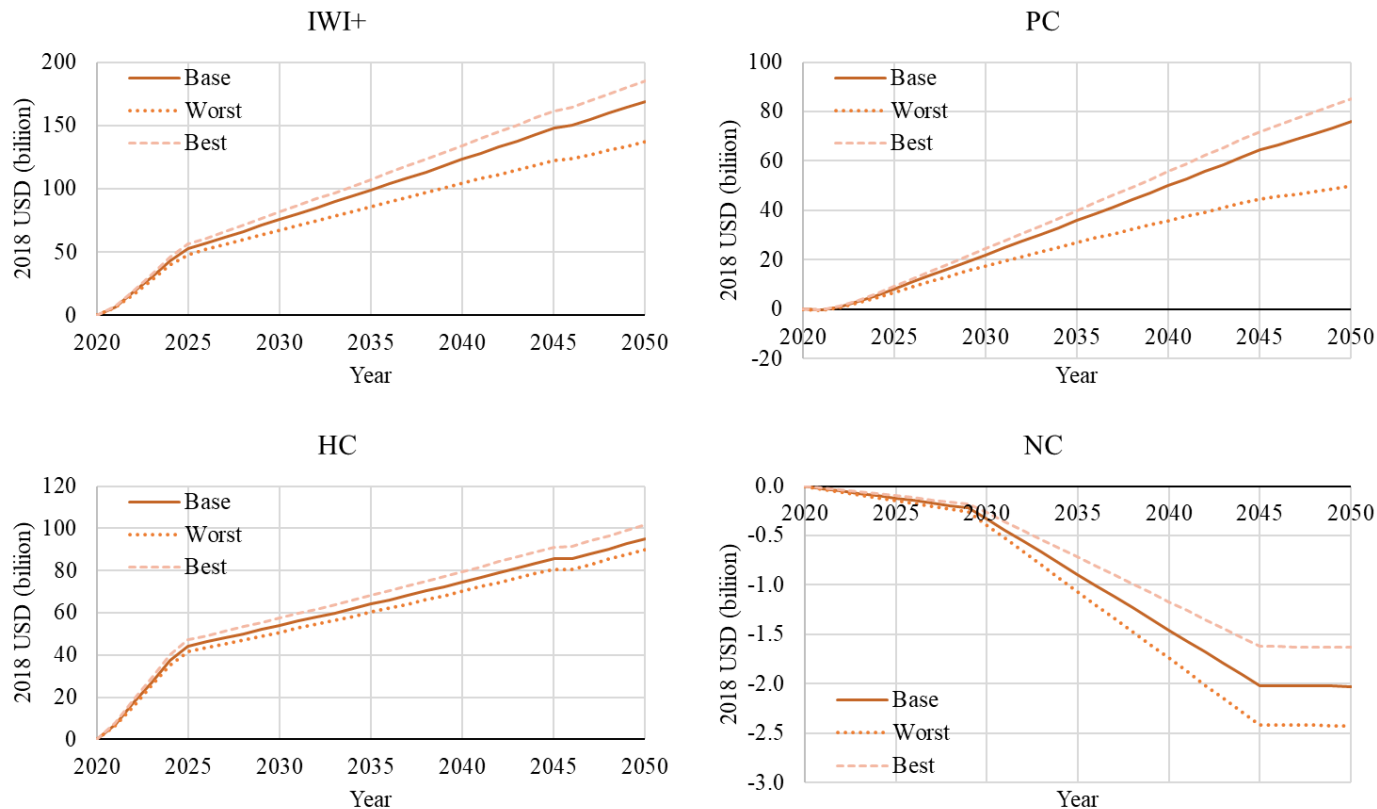
<Behavior Reproduction (Population)>



2. インドネシアの首都移転

<Sensitivity Analysis (best and worst scenario)>

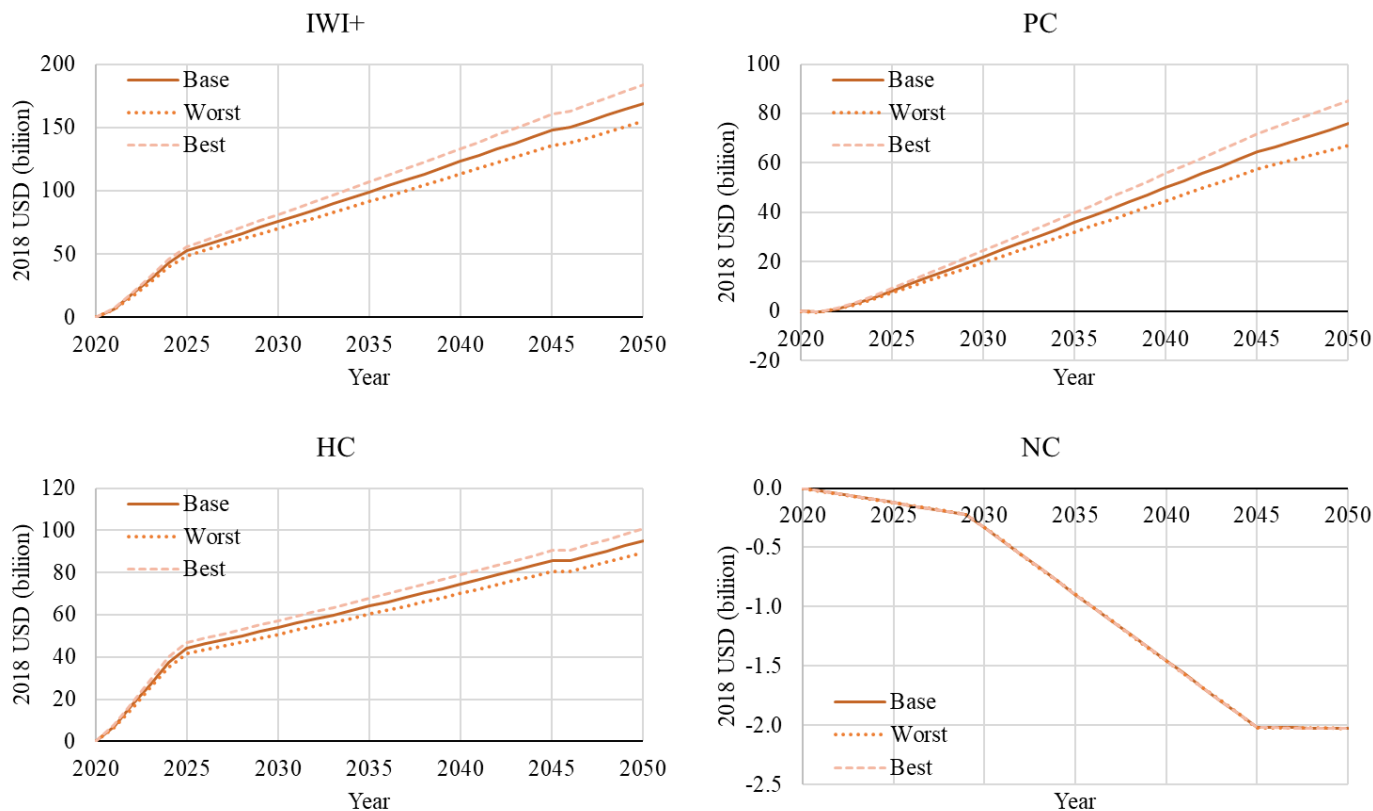
図. 総合的な Sensitivity Analysis (シナリオ1) [10億ドル]



2. インドネシアの首都移転

<Sensitivity Analysis (best and worst scenario)>

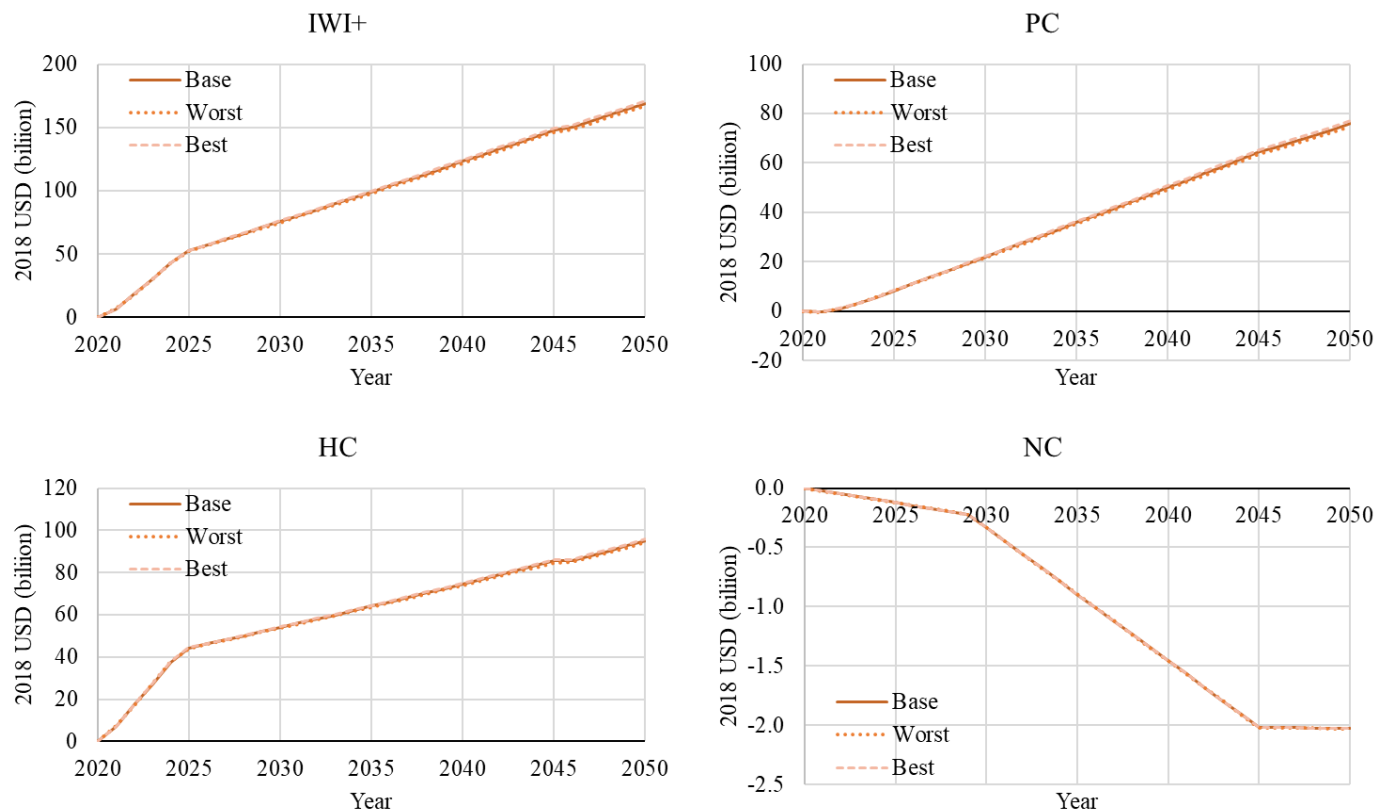
図. 人口動態の Sensitivity Analysis (シナリオ1) [10億ドル]



2. インドネシアの首都移転

<Sensitivity Analysis (best and worst scenario)>

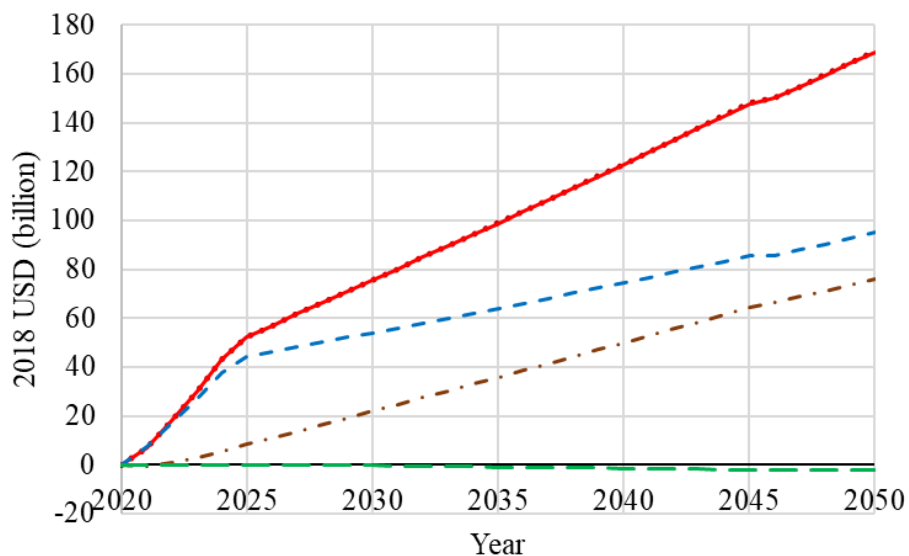
図. 大気汚染の Sensitivity Analysis (シナリオ1) [10億ドル]



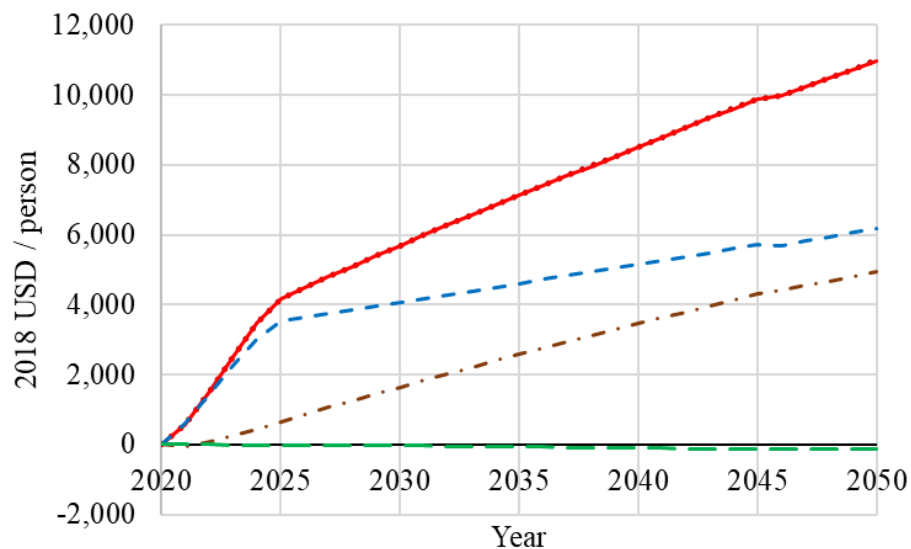
2. インドネシアの首都移転

<結果：シナリオ①>

図. シナリオ1の変量：総計[10億USD] (左) と1人当たりの値 [USD/人] (右)



..... IWI+ — IWI - · - PC
- - - HC - - - NC

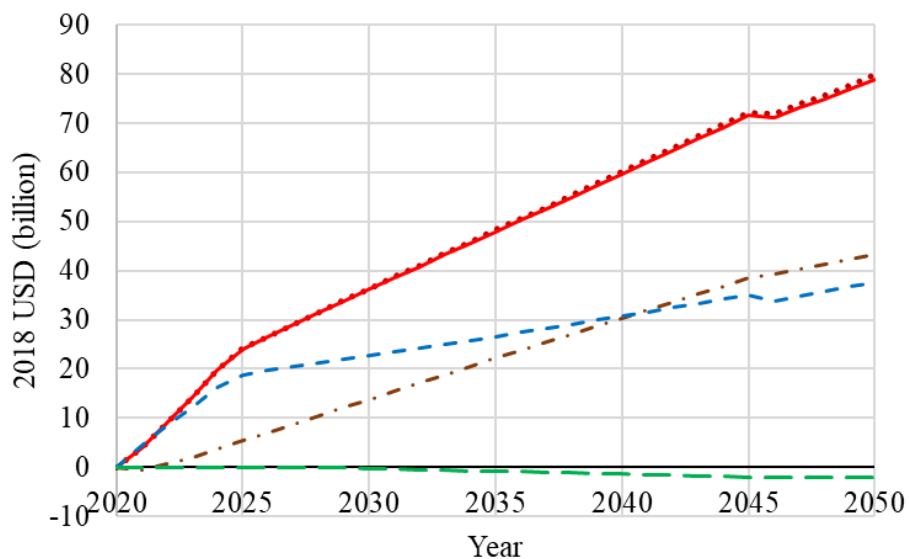


..... IWI+ per capita — IWI per capita - · - PC per capita
- - - HC per capita - - - NC per capita

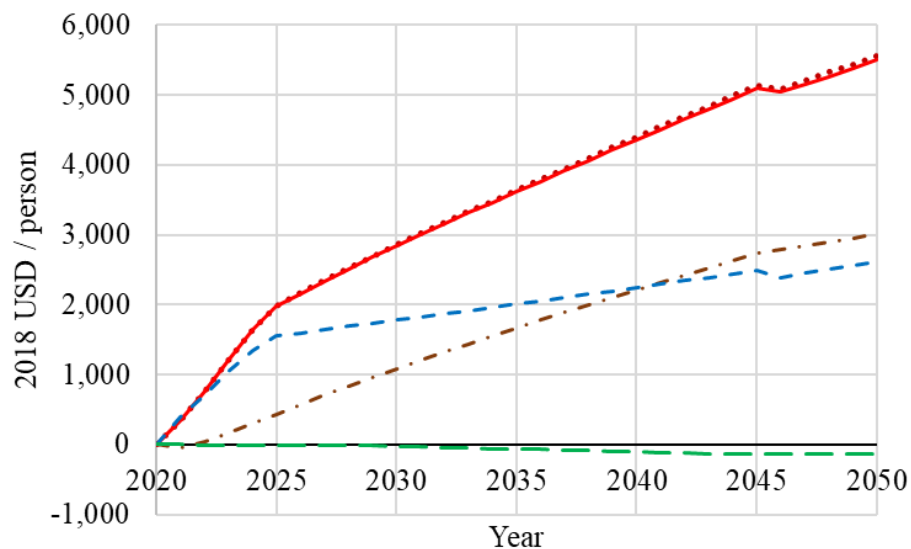
2. インドネシアの首都移転

<結果：シナリオ②>

図. シナリオ2の変量：総計[10億USD] (左) と1人当たりの値 [USD/人] (右)



..... IWI+ — IWI - · - PC
- - - HC - - - NC

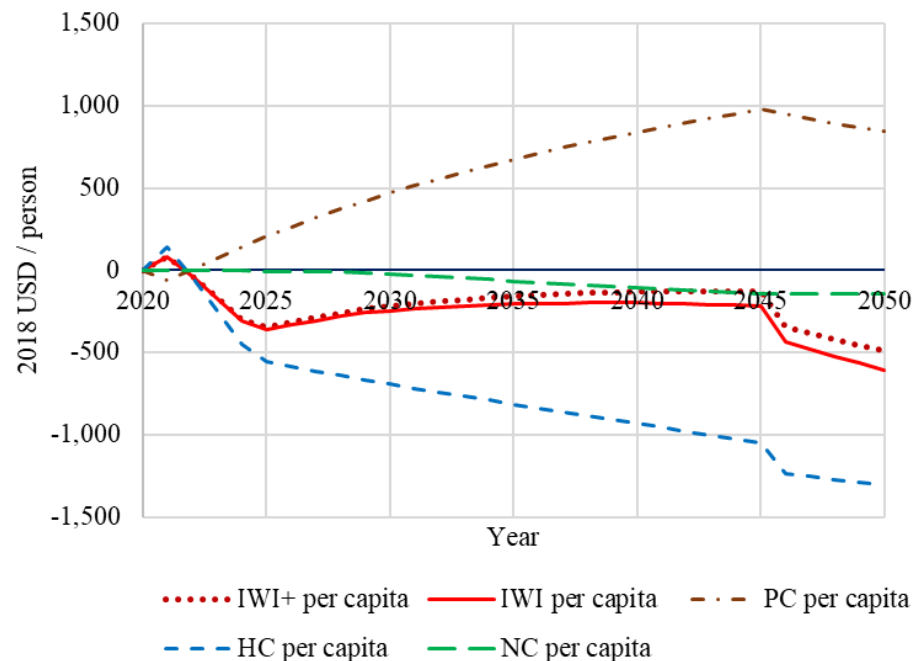
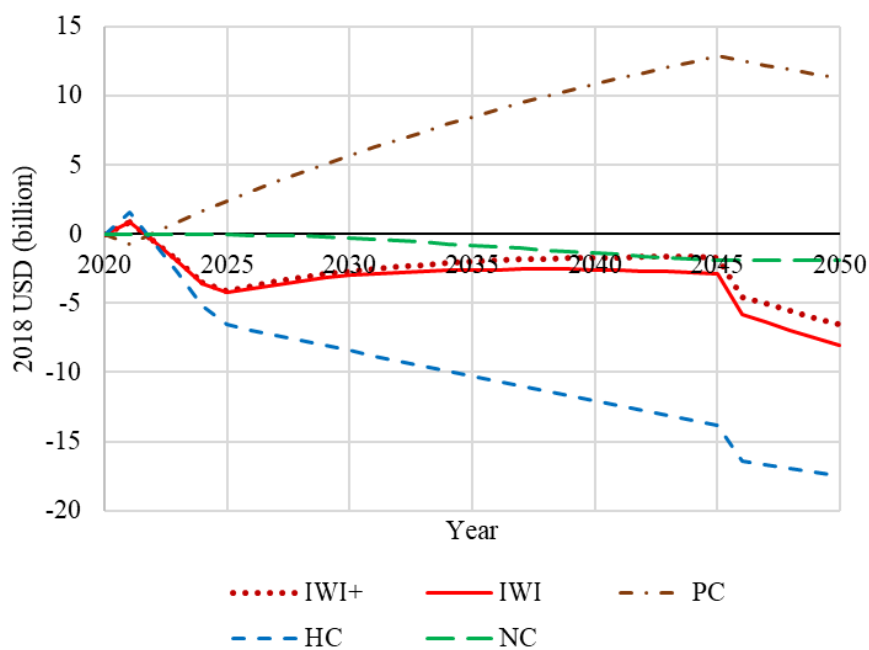


..... IWI+ per capita — IWI per capita - · - PC per capita
- - - HC per capita - - - NC per capita

2. インドネシアの首都移転

<結果：シナリオ③>

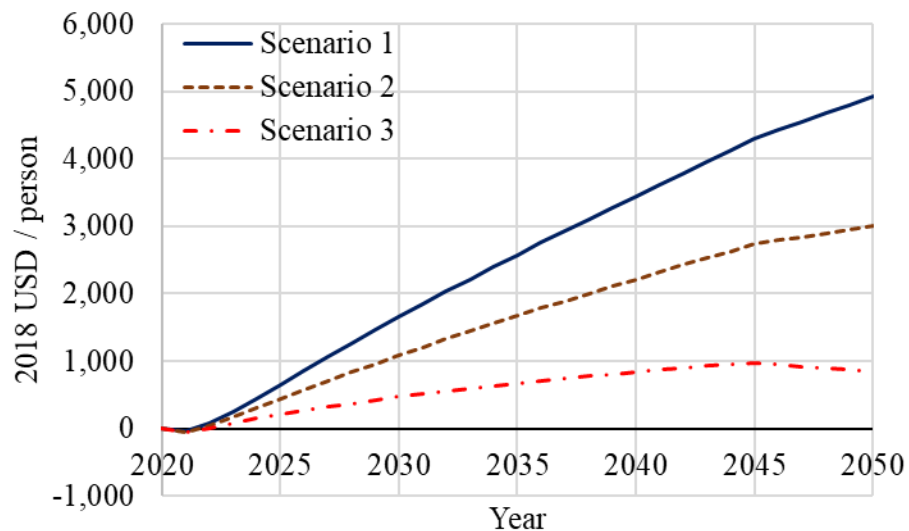
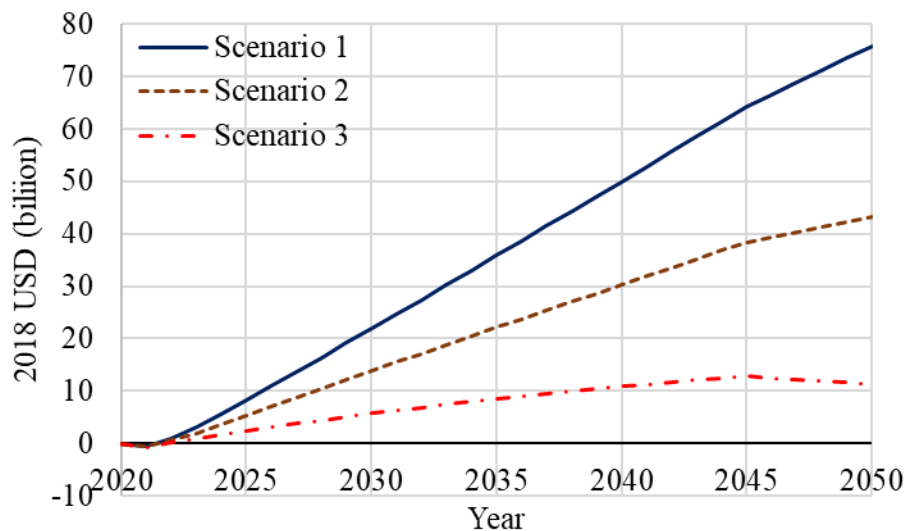
図. シナリオ3の変量：総計[10億USD] (左) と 1人当たりの値 [USD/人] (右)



2. インドネシアの首都移転

<結果：人工資本>

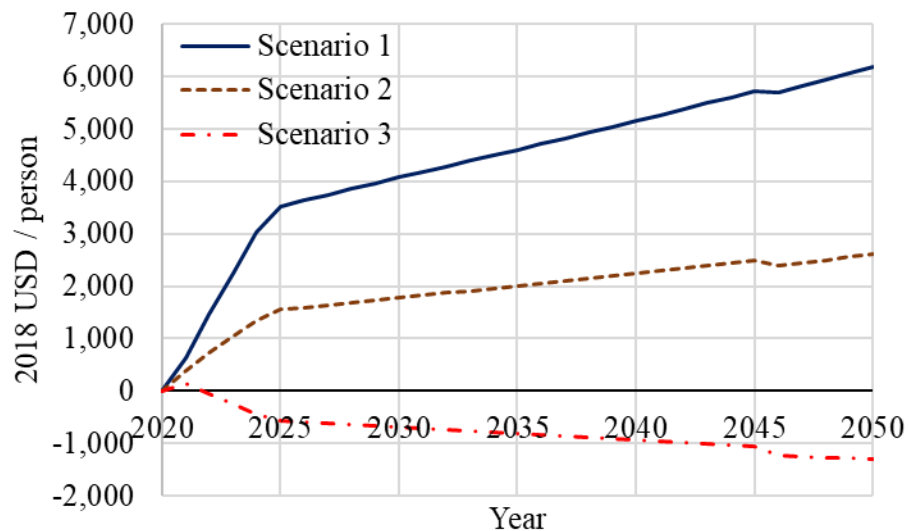
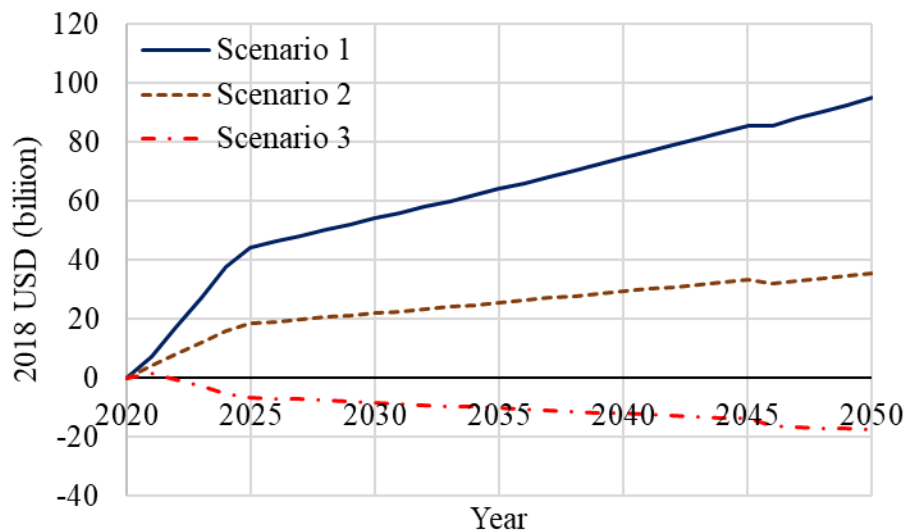
図. シナリオ毎の Δ 人工資本 [10億USD] (左) と Δ 1人当たり人工資本 [USD/人] (右)



2. インドネシアの首都移転

<結果：人的資本>

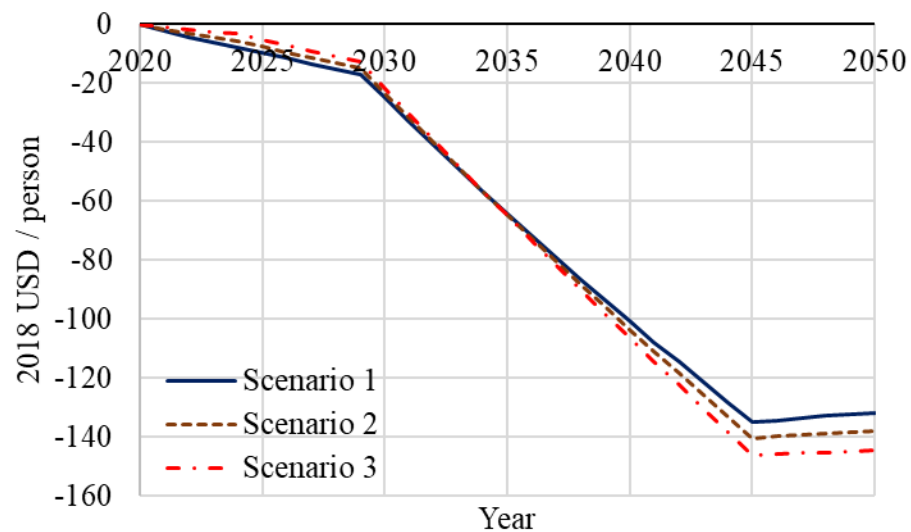
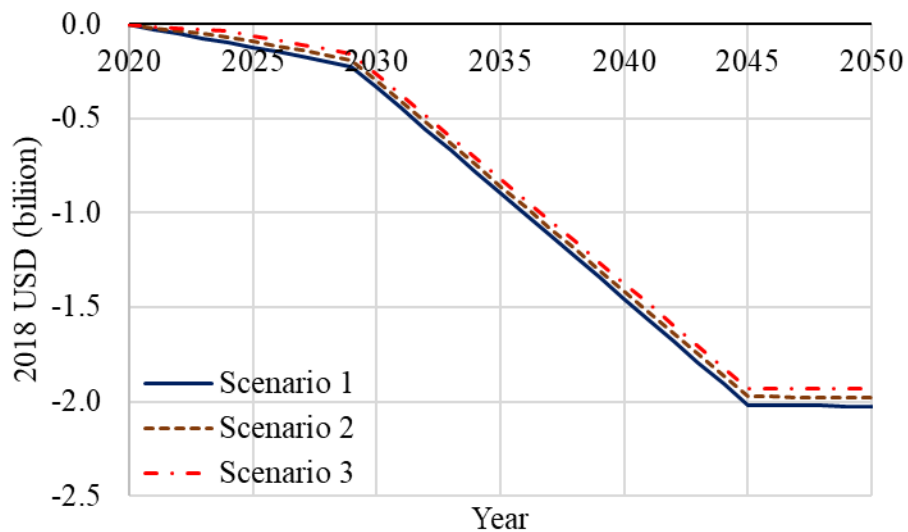
図. シナリオ毎の Δ 人的資本 [10億USD] (左) と Δ 1人当たり人的資本 [USD/人] (右)



2. インドネシアの首都移転

<結果：自然資本>

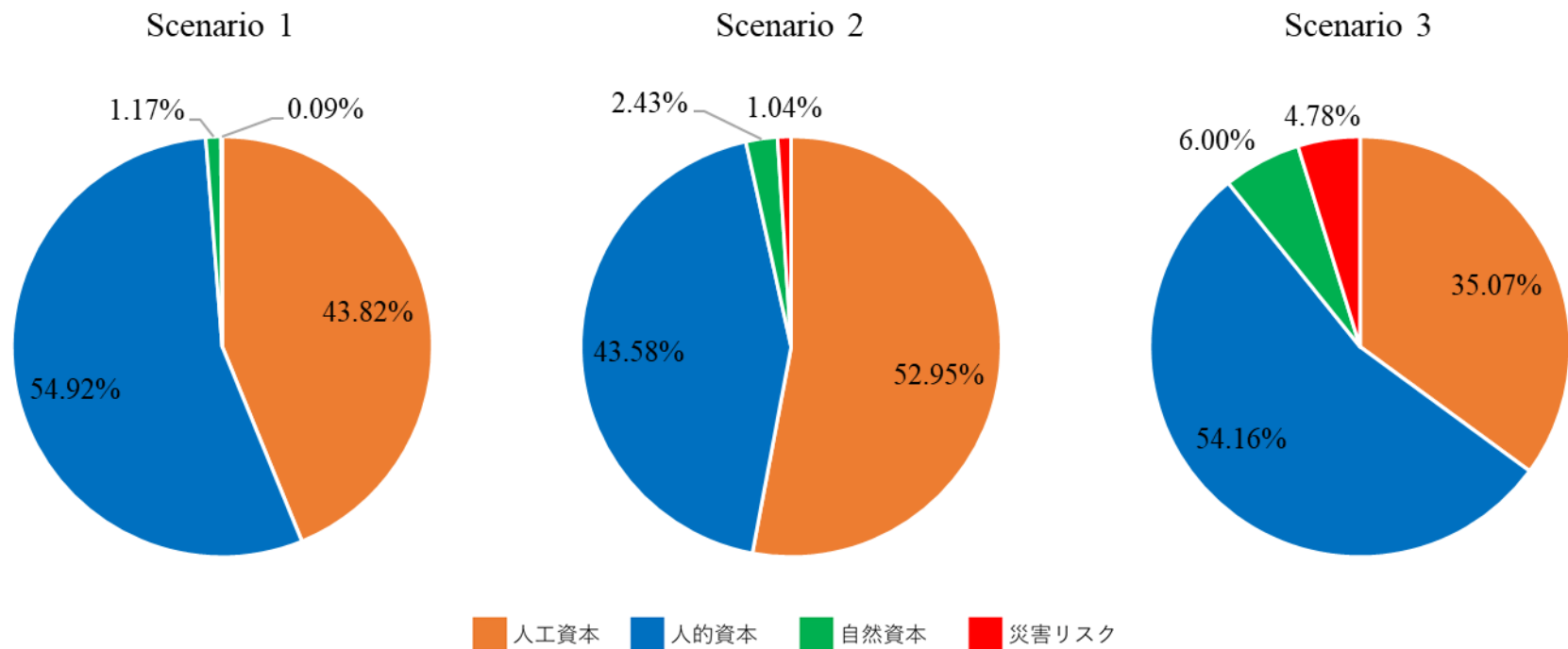
図. シナリオ毎の Δ 自然資本 [10億USD] (左) と Δ 1人当たり自然資本 [USD/人] (右)



2. インドネシアの首都移転

<結果と考察：各資本の割合>

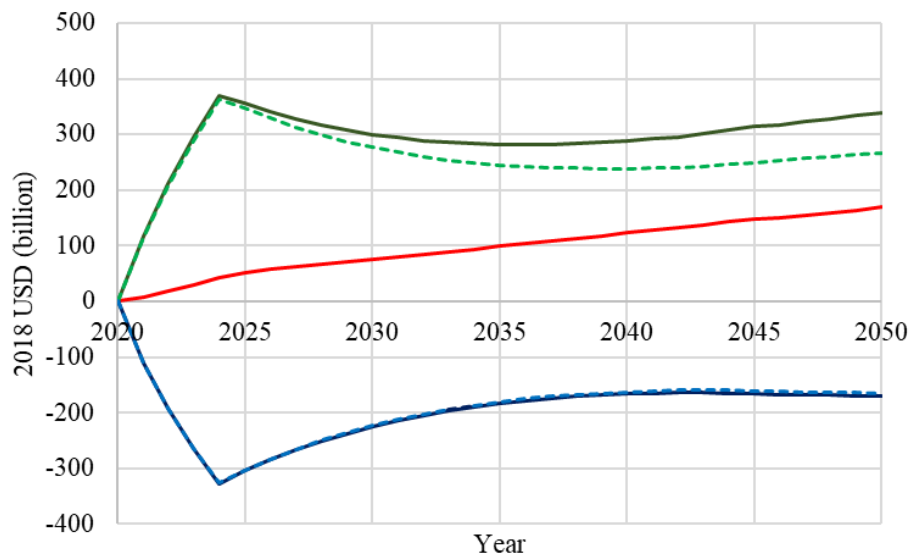
図. シナリオ毎のIWに対する各資本の割合 [%]



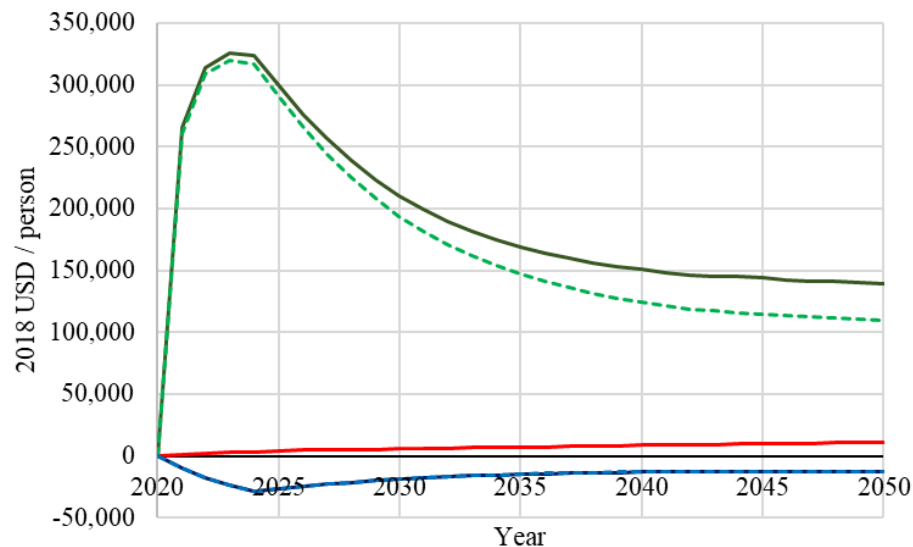
2. インドネシアの首都移転

<結果と考察：ジャカルタと新首都のトレードオフ関係>

図. シナリオ1のジャカルタと新首都の比較：総計値(左)と1人当たり値(右)



IWI (red solid line) IWI (NCC) (green solid line)
IWI (JKT) (blue solid line) Education (NCC) (green dashed line)
Education (JKT) (blue dashed line)



IWI per capita (red solid line) IWI per capita (NCC) (green solid line)
IWI per capita (JKT) (blue solid line) Education per capita (NCC) (green dashed line)
Education per capita (JKT) (blue dashed line)

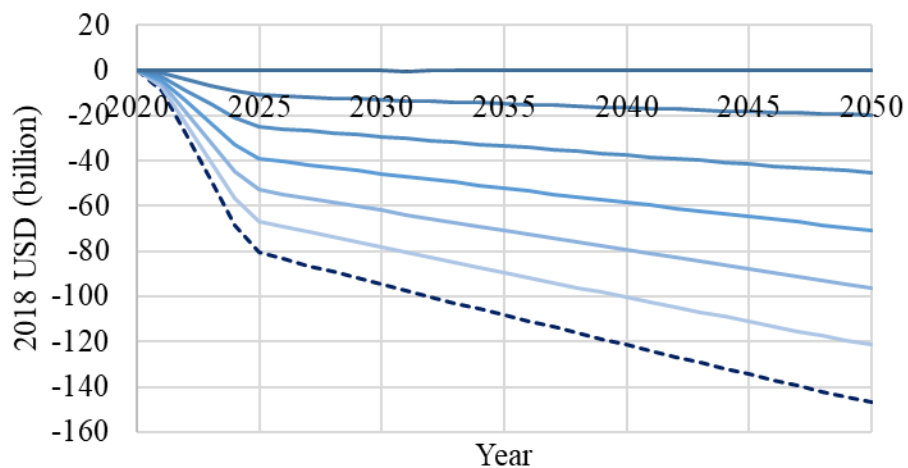
Note: NCC=新首都. JKT=ジャカルタ

(著者作成)

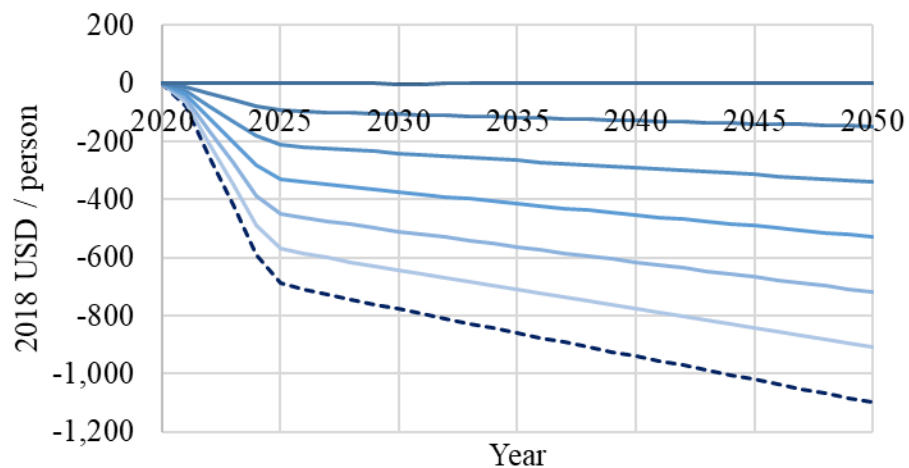
2. インドネシアの首都移転

<結果と考察：持続可能性(教育資本)>

図. 新首都の賃金水準が、教育資本(左)と1人当たり教育資本(右)に与える影響



- case 0 (×1.00 = NCC)
- case 1 (×1.03)
- case 2 (×1.06)
- case 3 (×1.09)
- case 4 (×1.12)
- case 5 (×1.15)
- case 6 (×1.17 = JKT)

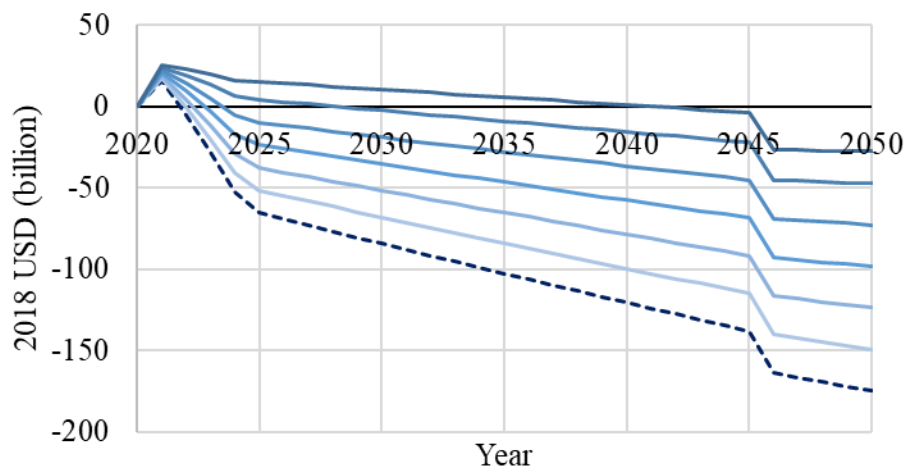


- case 0 (×1.00 = NCC)
- case 1 (×1.03)
- case 2 (×1.06)
- case 3 (×1.09)
- case 4 (×1.12)
- case 5 (×1.15)
- case 6 (×1.17 = JKT)

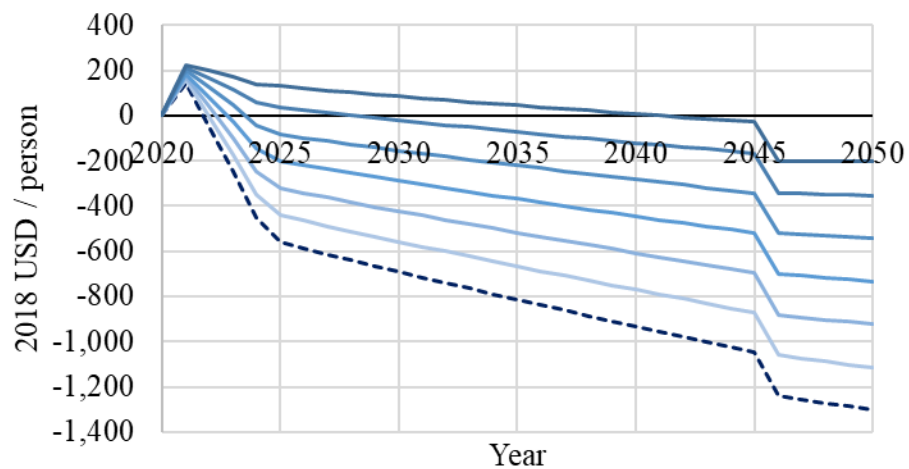
2. インドネシアの首都移転

<結果と考察：持続可能性(人的資本)>

図. 新首都の賃金水準が、人的資本(左)と1人当たり人的資本(右)に与える影響



- case 0 ($\times 1.00 = \text{NCC}$)
- case 1 ($\times 1.03$)
- case 2 ($\times 1.06$)
- case 3 ($\times 1.09$)
- case 4 ($\times 1.12$)
- case 5 ($\times 1.15$)
- case 6 ($\times 1.17 = \text{JKT}$)

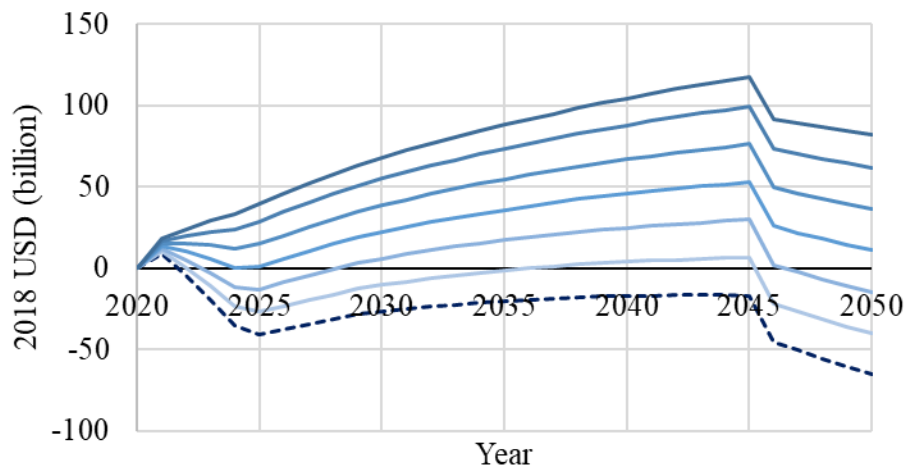


- case 0 ($\times 1.00 = \text{NCC}$)
- case 1 ($\times 1.03$)
- case 2 ($\times 1.06$)
- case 3 ($\times 1.09$)
- case 4 ($\times 1.12$)
- case 5 ($\times 1.15$)
- case 6 ($\times 1.17 = \text{JKT}$)

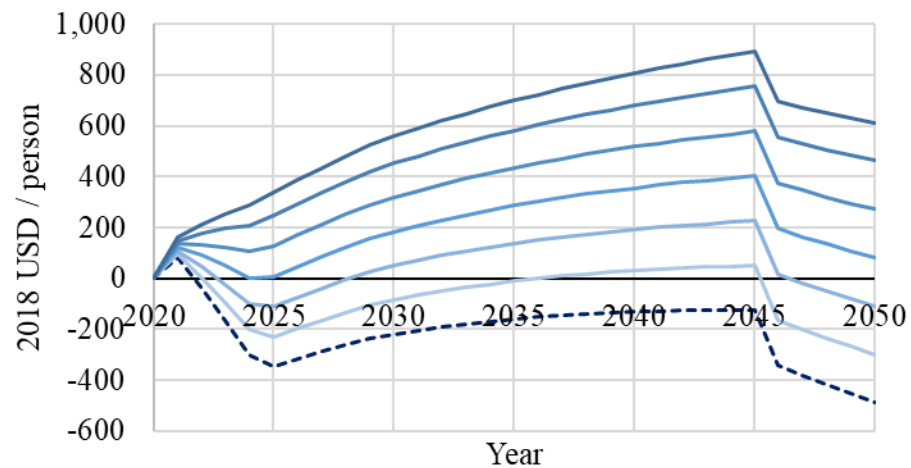
2. インドネシアの首都移転

<結果と考察：持続可能性 (IW)>

図. 新首都の賃金水準が、IW(左) と 1人当たりIW(右) に与える影響



- case 0 (×1.00 = NCC)
- case 1 (×1.03)
- case 2 (×1.06)
- case 3 (×1.09)
- case 4 (×1.12)
- case 5 (×1.15)
- case 6 (×1.17 = JKT)



- case 0 (×1.00 = NCC)
- case 1 (×1.03)
- case 2 (×1.06)
- case 3 (×1.09)
- case 4 (×1.12)
- case 5 (×1.15)
- case 6 (×1.17 = JKT)

2. インドネシアの首都移転

<結果と考察：持続可能性(まとめ)>

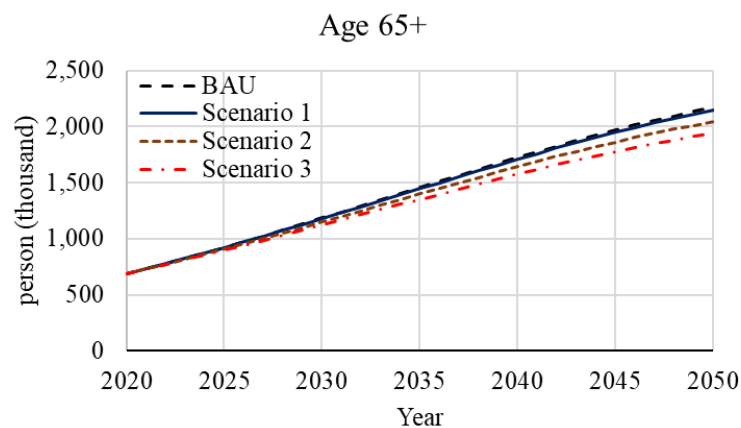
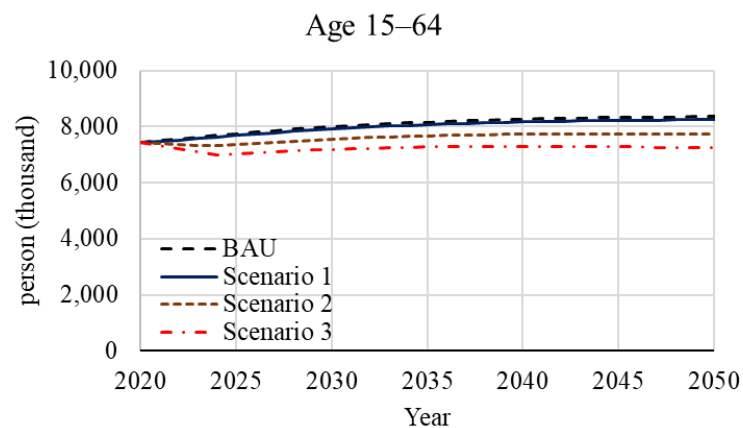
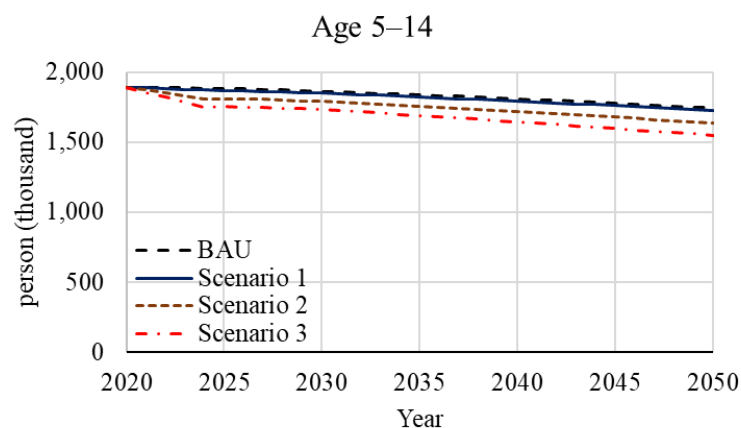
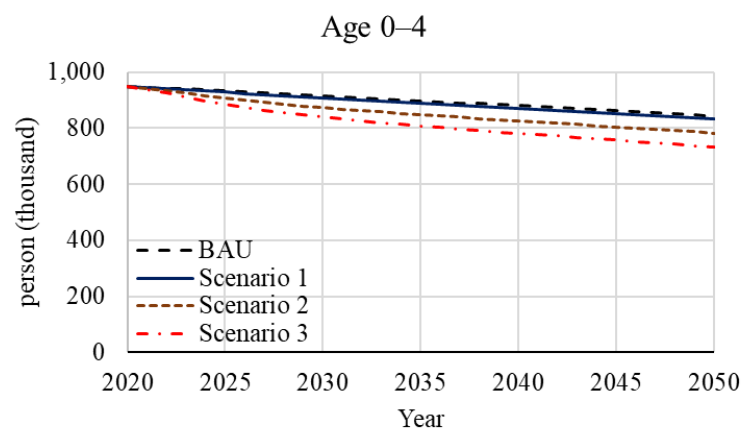
表. 新首都の賃金水準が、持続可能性と2050年の便益に与える影響

	持続可能性		2050年の便益	
	Case	賃金水準 [倍]	Case	賃金水準[倍]
教育資本	Case 6	1.17 (JKT)	Case 6	1.17 (JKT)
人的資本	N/A	-	N/A	-
Inclusive Wealth	N/A	-	Case 3	1.09
1人当たり教育資本	Case 6	1.17 (JKT)	Case 5	1.15
1人当たり人的資本	N/A	-	Case 6	1.17 (JKT)
1人当たりIW	N/A	-	Case 3	1.09

Note: 賃金水準=現在の新首都の賃金水準に対する改善水準[倍]. JKT=現在のジャカルタの賃金水準.
NCC=現在の新首都の賃金水準. N/A=該当するcaseなし.

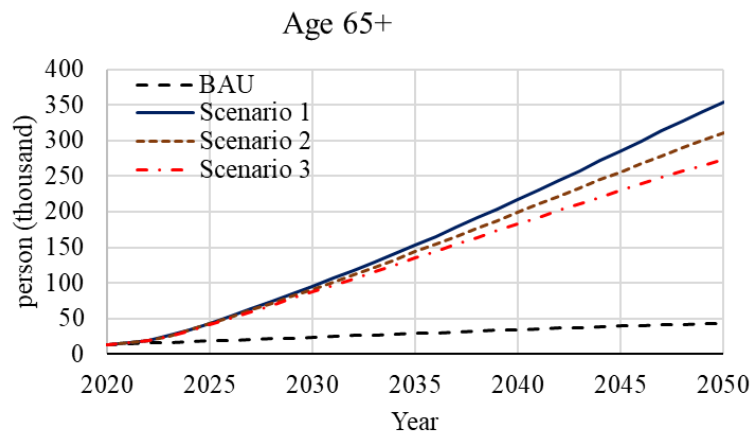
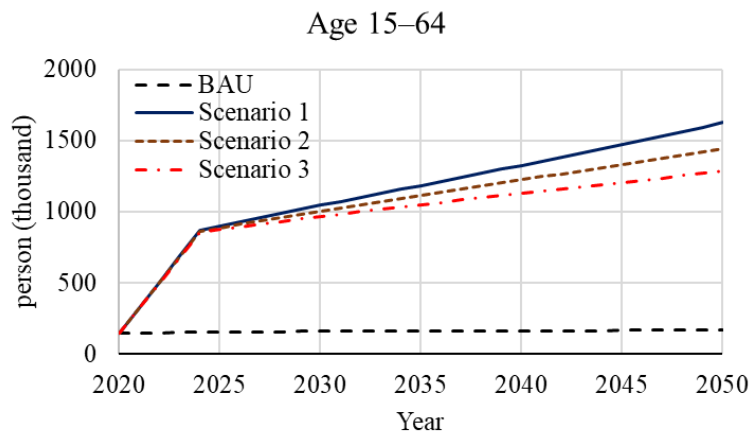
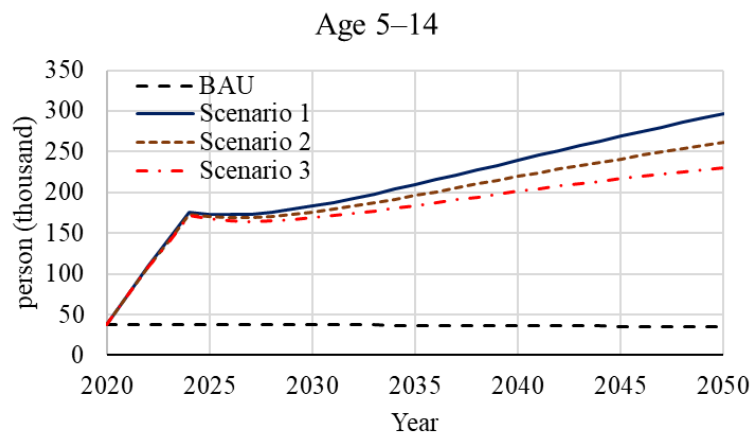
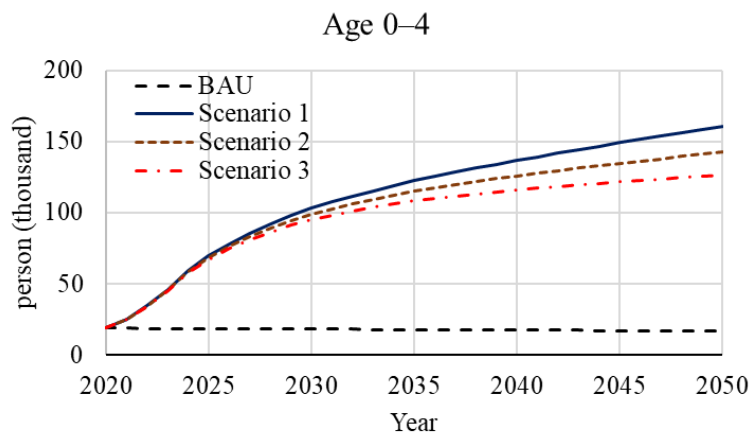
2. インドネシアの首都移転

<結果：人口(ジャカルタ)>



2. インドネシアの首都移転

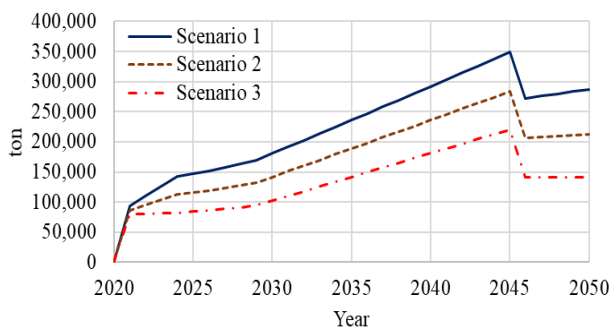
<結果：人口(新首都)>



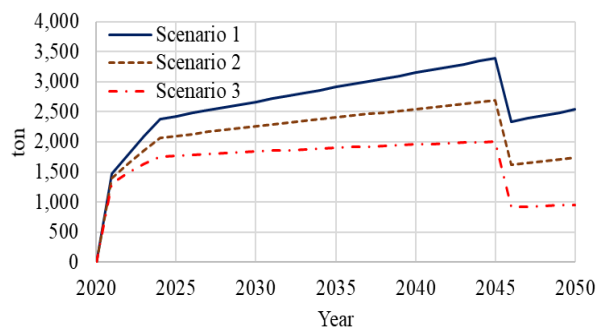
2. インドネシアの首都移転

<結果：汚染物質の変量(ジャカルタ+新首都)>

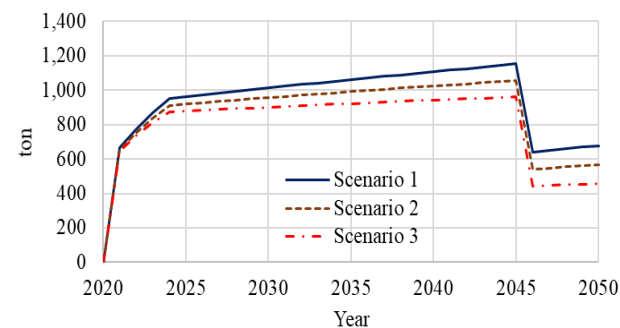
CO2



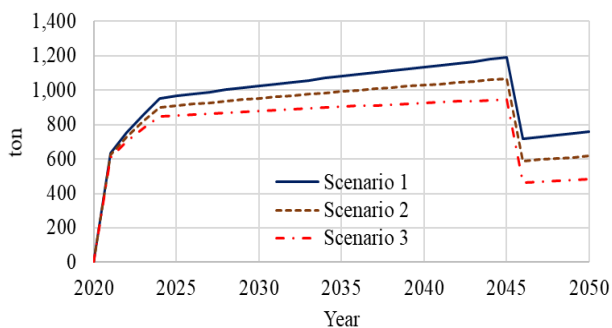
CO



SO2



NOx



PM10

