

央行数字人民币在“一带一路”区域化过程中的博弈分析

古广东,李 慧

(重庆师范大学 经济与管理学院,重庆 401331)

[摘要]以央行数字人民币“一带一路”区域化为背景,构建中国与“一带一路”沿线国家、中国与沿线主要国际货币发行国的两两演化博弈模型,研究央行数字人民币在“一带一路”区域化进程中利益相关体的博弈过程及均衡结果,并通过情景模拟实验寻找博弈的最终演化均衡点。研究表明,尽管在短期内,央行数字人民币在“一带一路”区域化进程中会遭到来自沿线国家和沿线主要国际货币发行国的抵制,但是长期来看,央行数字人民币在“一带一路”区域化博弈中倾向于采取“推出”策略,且“一带一路”沿线国家倾向于采取“接受”策略,沿线主要国际货币发行国也倾向于采取“合作”策略,以此促进未来国际货币体系实现多元化发展。

[关键词]数字人民币;人民币国际化;SD 演化博弈;情景模拟;“一带一路”;国际货币体系多元化

[中图分类号]F821;F823 **[文献标志码]**A **[文章编号]**2096-3114(2022)06-0101-10

一、引言

2014年,中国成立央行数字货币(Digital Currency Electronic Payment,简称DCEP)研究所,成为最早研究法定数字货币的国家之一。近年来我国逐步完成DCEP的理论探索、顶层设计、正式研发、开发测试、内部封闭验证和外部可控试点等环节。截至2021年6月30日,央行数字人民币试点场景已超132万个,累计交易笔数7075万余笔^①,这表明我国在DCEP上的研发工作已经有了实质性的成果。其实早在2013年,各国央行就开始对法定数字货币进行探索研究,但大都没有实质性的进展,而2020年全球疫情的到来为各国法定数字货币的研究进程按下了快进键。全球法定数字货币的竞争日趋白热化直接原因在于全球疫情暴发带来的无接触支付需求增长以及中国DCEP试点引发全球法定数字货币推出的紧迫性增加,但更深层次的原因是各国对货币主权的维护,它们试图紧抓数字经济时代实现“弯道超车”的机会。

DCEP作为传统纸质人民币的数字形式,对人民币区域化乃至国际化而言至关重要。DCEP的推出不仅能够为人民币在国际上的计价结算提供更高效、安全的技术支撑,还能通过去中介化的跨境支付体系,让人民币跨境交易速度更快、手续费更低,从而加速去美元化的进程,也会加快人民币国际化的脚步。因此,尽管DCEP目前只定位于 M_0 ,但是从长远来看,DCEP会不断扩大自己的使用范围,成为中国推进人民币国际化进程的重要手段。中国要想在国际范围内使用DCEP,无疑将借助现有的“一带一路”平台以及与中国贸易投资关系最为密切的国家或地区。DCEP在“一带一路”区域化的过程中,将与相关利益体形成博弈关系,这些利益经济体不仅包括沿线国家或地区,还包括当前沿线国家主要国际货

[收稿日期]2022-05-13

[基金项目]国家社会科学基金一般项目(22BJL103);重庆市研究生科研创新项目(CYS22566);重庆市教育科学规划青年项目(KJQN202204411)

[作者简介]古广东(1975—),男,四川雅安人,重庆师范大学经济与管理学院教授,硕士生导师,主要研究方向为国际金融;李慧(1997—),女,重庆忠县人,重庆师范大学经济与管理学院硕士生,主要研究方向为国际金融,通讯作者,邮箱:1778242352@qq.com。

^①数据来源:<http://finance.people.com.cn/n1/2021/0718/e1004-32161205.html>。

币发行国。若 DCEP 的进入严重损害了这些经济体的利益,就会遭到沿线国家和当前沿线主要国际货币发行国的抵制,使人民币区域化进程受阻。而这些博弈的均衡结果还取决于博弈过程中具体的支付函数,基于此,以“一带一路”为研究背景,分析 DCEP 在沿线国家推行中与相关利益经济体之间的博弈过程,有助于我国货币当局在将来推行 DCEP 区域化过程中采取更加合理的应对措施,为 DCEP 区域化扫清障碍。考虑到 DCEP 推行涉及众多的沿线国家,本文拟采用演化博弈模型,分析 DCEP 在“一带一路”区域化过程中,中国与“一带一路”沿线国家和沿线主要国际货币发行国之间的利益关系,并试图寻找这两个博弈最终的稳定均衡点,以期为我国 DCEP 在今后的区域化乃至国际化发展提供一定启示。

二、文献综述

在全球法定数字货币研发热潮前,比特币等私人数字货币的盛行引发了学界对私人数字货币发展前景的广泛关注。刘津含和陈建指出,随着数字经济时代的到来,当前的私人数字货币可能在未来货币体系中扮演三种角色,即成为现有主权货币的补充货币、替代该国现有主权货币的新型主权货币和未来的国际本位货币^[1]。程炼则表示,当前私人数字货币价格不稳定、缺乏供给弹性,且没有国家信用作为支撑,故不会直接替代央行数字货币^[2],与之相反,石建勋和刘宇却认为,现有以比特币为代表的私人数字货币若进一步扩大推行,将极大地削弱主权国家央行对货币政策的掌控能力^[3],于是私人数字货币的迅猛发展引发了各国对货币主权的担忧。为解决这一问题,胡俏和齐佳音构建了民众“参与”和政府“监管”数字货币的博弈模型,结果表明要在发挥数字货币应用优势同时实现数字货币的有效监管,唯一途径就是研发具有信任基础的、价值锚定的法定数字货币^[4]。同时,Davidson 等强调私人数字货币为 DCEP 的研发提供了技术支持,因此,私人数字货币的迅猛发展促使各国加速了法定数字货币研发^[5]。

我国的 DCEP 目前已经进入试点环节,在研发进度上远超大多数国家。尽管从短期来看,DCEP 定位于 M_0 ,仅作为一种支付工具,不会对货币政策和宏观经济产生过多影响。但就长期而言,为 DCEP 设定利率则可能使其成为服务于货币政策的有效工具^[6]。更进一步,DCEP 将寻求走向国际货币市场的路径,因为以 DCEP 促进人民币国际化这个全新的赛道具有成本低廉、安全性强、认可度高等优点,这将显著提升人民币的国际地位^[7]。薛莹和胡坚强调,相较于人民币国际化传统推进模式,DCEP 可以减少人民币国际化过程中的摩擦^[8]。由此看来,我国的 DCEP 最终会成为人民币国际化战略的重要手段。而诸如美国在内的国际货币发行国也不会坐以待毙,为了巩固美元的全球主导地位,法定数字美元的推出无疑会与 DCEP 展开激烈竞争,在一定程度上阻碍 DCEP 国际化的进程^[9]。总之,DCEP 的区域化乃至国际化有助于构建更加合理的国际货币体系,为各国际支付体系提供更加安全、高效的支付手段,但同时也可能触碰相关经济体的当前利益,遭到其抵制。

上述研究表明,DCEP 区域化进程将涉及各相关经济体的博弈,当前学术界针对货币国际地位竞争的分析往往利用博弈模型实现。叶芳和杜朝运通过差异性双寡头 Cournot 模型和 Hotelling 模型指出,未来国际货币竞争的结果可能是形成由美元、欧元及某种亚洲货币组成的“金融稳定性三岛”的格局,从而维护国际货币体系的稳定^[10]。代高琪等和王婷婷通过建立 Stackelberg 主从博弈模型,均认为两方国际货币博弈在短期内会出现囚徒困境,但在长期反复博弈下,双方可能从竞争走向合作,从而实现资源配置的最佳配置^[11-12]。在对人民币国际化进程的博弈分析中,刘玲在人民币进入国际市场与当前国际货币的博弈分析基础之上,加入了人民币与非国际货币的博弈分析,构建了人民币、美元、被替代货币三者之间的博弈模型,均衡结果表明人民币若想与美元竞争“势力范围”,对周边国家或地区货币进行替代,就必须对被替代国的损失进行补偿^[13]。

综上所述,博弈分析是研究货币国际化竞争的有效手段。尽管当前 DCEP 还未正式投放市场,各国的央行数字货币也都还处于研发状态,但是在数字化时代,DCEP 向国际货币市场进军成为必然趋势。

因此,通过构建博弈模型,分析未来 DCEP 向“一带一路”沿线国家区域化的过程中,沿线国家和沿线主要国际货币发行国可能采取的策略以及最终的长短期均衡,有利于我国货币当局提前制定合理方案,为 DCEP 区域化乃至国际化扫清障碍。

三、博弈模型构建

传统博弈模型假设博弈参与方完全理性,与现实情况不符,这就推动了有限理性条件下演化博弈论的发展。演化博弈论认为博弈参与方通常是通过试错的方法达到博弈均衡的,人们可以通过不断的学习来改变自己的策略选择^[14]。由于 DCEP 在“一带一路”区域化的过程中博弈各方的策略选择将会随着国际形势的变化而不断优化,因此,传统的博弈模型不适用于本文的博弈分析,故本文拟采用 SD 演化博弈模型来分析 DCEP 在“一带一路”区域化的过程中各利益方的博弈行为,并寻求可能的稳定均衡解。

(一) DCEP 与沿线国家货币的利益博弈模型

1. 模型构建

假设 DCEP“一带一路”区域化有两个博弈参与主体,分别为中国和“一带一路”沿线国家,中国的策略集为“推行”DCEP 和“不推行”DCEP,沿线国家的策略集为“接受”DCEP 和“拒绝”DCEP。其中,中国采取“推行”策略的可能性为 x ，“一带一路”沿线国家采取“接受”策略的可能性为 y ,中国与沿线国家博弈下各博弈方的成本收益见表 1。

表 1 中国与沿线国家博弈下各博弈方的成本收益

名称	各成本收益的具体含义
A_1	中国的初始状况
A_2	沿线国家的初始状况
B_1	中国“推行”DCEP,沿线国家“拒绝”时中国的成本,包括外交谈判成本、与沿线国家贸易投资交易转换成本的隐性损失和复杂的交易流程带来的效率损失等
B_2	中国“不推行”DCEP,沿线国家“接受”时沿线国家的成本,因未能达成 DCEP“一带一路”区域化而给沿线国家造成的损失,即沿线国家由于不能减少或摆脱对美元的依赖性,使其无法争取更大程度上的经济自主性带来的隐性损失
C_1	中国“不推行”DCEP,沿线国家“接受”时中国的成本,中国因 DCEP 在“一带一路”区域化推进受阻而造成的铸币税损失
C_2	中国“推行”DCEP,沿线国家“拒绝”时沿线国家的成本,沿线国家因继续使用当前国际货币,导致双边交易成本增加而形成的利益损失,以及对疫情下无接触支付需求遏制的损失
D	中国“推行”DCEP,沿线国家“拒绝”时,沿线国家的隐性收益,即西方国家开展经贸合作、经济援助给沿线国家带来的收益 ($D < C_2$)
E_1	双方合作时,中国对沿线国家所支付补偿损失,以及技术研发投入等各项支出 ($E_1 < C_1$)
E_2	双方合作时,DCEP 对沿线国家主权货币进行货币替代对沿线国家造成的铸币税收入损失 ($E_2 < C_2$)
F_1	双方合作时,中国所获得的铸币税、汇率风险下降、稳定外汇储备价值所带来的收益,以及打击洗钱、偷税漏税等违法活动的收益
F_2	双方合作时,沿线国家利用 DCEP 作为区域货币而产生的收益,包括中国给予的损失补偿和稳定币值所带来的收益

在“一带一路”战略背景下,沿线国家与我国贸易投资往来频繁,而美元作为沿线国家主要的贸易结算货币,常受到美联储频繁的货币政策影响,其币值的稳定性得不到保障。因此,无论是摆脱对美元的依赖性,还是降低与我国贸易结算的汇兑成本,对沿线国家而言,其收益都是显著的。而我国更能在这一过程中提高 DCEP 国际地位,获得铸币税收益。由此可见,在 DCEP“一带一路”区域化进程中,双方合作所获得的收益是显性的,而成本大多是隐性的,且总体上看收益远大于成本,即 $F > B、C、E$ 。根据表 1 中各种博弈情况下成本收益,得到中国“推行”DCEP 和沿线国家“接受”DCEP 策略集下的得益矩阵,如表 2 所示。

表 2 中国“推行”DCEP 和沿线国家“接受”DCEP 策略集下的得益矩阵

博弈方和博弈战略	沿线国家接受(y)	沿线国家拒绝($1-y$)
中国推行(x)	$(A_1 - E_1 + F_1, A_2 - E_2 + F_2)$	$(A_1 - B_1, A_2 - C_2 + D)$
中国不推行($1-x$)	$(A_1 - C_2, A_2 - B_2)$	(A_1, A_2)

根据表 2 的得益矩阵,得出中国“推行”和“不推行”策略下的期望得益 E_{x1} 和 E_{x2} 平均得益为 \bar{E}_x :

$$E_{x1} = y(A_1 - E_1 + F_1) + (1 - y)(A_1 - B_1) \quad (1)$$

$$E_{x2} = y(A_1 - C_1) + (1 - y)A_1 \quad (2)$$

$$E_x = xE_{x1} + (1 - x)E_{x2} \quad (3)$$

同理,得出沿线国家“接受”和“拒绝”策略下的期望得益 E_{y1} 和 E_{y2} 平均得益为 \bar{E}_y :

$$E_{y1} = x(A_2 - E_2 + F_2) + (1 - x)(A_2 - B_2) \quad (4)$$

$$E_{y2} = x(A_2 - C_2 + D) + (1 - x)A_2 \quad (5)$$

$$E_y = yE_{y1} + (1 - y)E_{y2} \quad (6)$$

得出中国“推行”DCEP 的复制动态方程为:

$$\frac{\partial x}{\partial t} = x(E_{x1} - \bar{E}_x) = x[E_{x1} - xE_{x1} - (1 - x)E_{x2}] = x(1 - x)[E_{x1} - E_{x2}] \quad (7)$$

沿线国家“接受”DCEP 的复制动态方程为:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = y(E_{y1} - \bar{E}_y) = y[E_{y1} - yE_{y1} - (1 - y)E_{y2}] = y(1 - y)[E_{y1} - E_{y2}] \quad (8)$$

最终得中国“推行”DCEP 和沿线国家“接受”DCEP 的复制动态方程组为:

$$\begin{cases} F_x = \frac{\partial x}{\partial t} = x(1 - x)[y(B_1 + C_1 + F_1 - E_1) - B_1] \\ F_y = \frac{\partial y}{\partial t} = y(1 - y)[x(B_2 + C_2 + F_2 - D - E_2) - B_2] \end{cases} \quad (9)$$

令 $a = B_1 + C_1 + F_1 - E_1$, $b = B_2 + C_2 + F_2 - D - E_2$, 中国“推行”DCEP 和沿线国家“接受”DCEP 的复制动态方程组(9)的进化稳定策略应满足: $F(x) = 0$ 且 $F(y) = 0$, 由此得出 $(0, 0)$ 、 $(1, 0)$ 、 $(0, 1)$ 、 $(1, 1)$ 为复制动态方程组(9)的均衡点, 且当 $0 < x < 1, 0 < y < 1$ 时, 得到鞍点 $(\frac{B_1}{a}, \frac{B_2}{b})$ 。

2. 演化路径分析

复制动态方程组(9)的稳定均衡点由雅克比矩阵的局部稳定性分析得出, 具体为复制动态方程组(9)中的微分方程组依次对 x 和 y 求偏导, 得雅克比矩阵为:

$$J = \begin{bmatrix} (1 - 2x)(ay - B_1) & ax(1 - x) \\ by(1 - y) & (1 - 2y)(bx - B_2) \end{bmatrix} \quad (10)$$

矩阵的行列式为:

$$\det J = (1 - 2x)(ay - B_1)(1 - 2y)(bx - B_2) - ax(1 - x)by(1 - y) \quad (11)$$

矩阵的迹为:

$$\text{tr} J = (1 - 2x)(ay - B_1) + (1 - 2y)(bx - B_2) \quad (12)$$

其中将均衡点 $(0, 0)$ 、 $(1, 0)$ 、 $(0, 1)$ 、 $(1, 1)$ 和代入矩阵 J 的行列式 $(\frac{B_1}{a}, \frac{B_2}{b})$ 和矩阵 J 的迹, 得各均衡点对应的矩阵 J 行列式和迹的表达式, 见表 3。

根据演化博弈理论, 当均衡点满足 $\det J > 0$ 且 $\text{tr} J < 0$ 时, 均衡点为演化稳定点。由此, 在上述均衡点中, $(0, 0)$ 和 $(1, 1)$ 为最可能达到演化稳

表 3 各均衡点对应的矩阵 J 行列式和迹的表达式

均衡点 (x, y)	均衡点对应的矩阵 J 行列式和迹的表达式
$(0, 0)$	$\det J = B_1 B_2 > 0, \text{tr} J = -B_1 - B_2 < 0$
$(1, 0)$	$\det J = B_1(b - B_2) > 0, \text{tr} J = B_1 + (b - B_2) > 0$
$(0, 1)$	$\det J = (a - B_1)B_2 > 0, \text{tr} J = (a - B_1) + B_2 > 0$
$(1, 1)$	$\det J = (a - B_1)(b - B_2) > 0, \text{tr} J = -(a - B_1) - (b - B_2) < 0$
$(B_1/a, B_2/b)$	$\det J = \left(1 - \frac{2B_1}{a}\right)\left(\frac{aB_2}{b} - B_1\right)\left(1 - \frac{2B_2}{b}\right)\left(\frac{bB_1}{a} - B_2\right) - \frac{B_1 B_2(a - B_1)(b - B_2)}{ab}$, $\text{tr} J = \left(1 - \frac{2B_1}{a}\right)\left(\frac{aB_1}{b} - B_1\right) + \left(1 - \frac{2B_2}{b}\right)\left(\frac{bB_1}{a} - B_2\right)$

定的策略点,中国和“一带一路”沿线国家博弈的复制动态方程的解可在图1中得以映射。图1横坐标表示中国采取“推出”策略的概率 x ,而纵轴则表示沿线国家采取“接受”策略的概率 y 。图1中靠近(0,0)的区域为区域1,在该区域中,有 $x < B_1/a$ 且 $y < B_2/b$,复制动态方程的稳定解分别为 $x = 0$ 和 $y = 0$,即对应的策略选择为(不推出,拒绝)。靠近(1,1)的区域为区域2,在该区域中,有 $x > B_1/a$ 且 $y > B_2/b$,复制动态方程的稳定解分别为 $x = 1$ 和 $y = 1$,即对应的策略选择为(推出,接受)。通过比较区域1和区域2的面积,可以推断出中国和沿线国家在博弈过程中哪种策略出现的概率更大,出现概率更大的策略将是一种长期稳定策略。

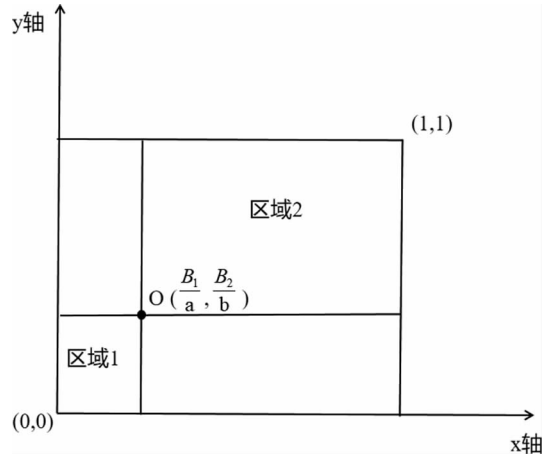


图1 中国与沿线国家博弈的集中相位图

可见,DCEP在“一带一路”区域化的过程中,与沿线国家的博弈结果面临着较大的不确定性,沿线国家可能出于短期利益的考量而拒绝DCEP的进入。在此情况下,为避免在沿线国家推出DCEP受阻而支付的较高成本,中国将延迟推出计划。但若双方从长远利益出发,考虑DCEP进入沿线国家给双方贸易结算等活动带来的长期收益,便更有可能实现共赢发展。在这一过程中,中国货币当局能够采取措施改变博弈中的部分支付函数,例如给予沿线国家适当的损失补偿,保证DCEP币值稳定,使得图1中的鞍点O向(0,0)移动,从而增加双方合作的可能性。

(二) DCEP与沿线主要国际货币的利益博弈模型

1. 模型构建

一方面,中国推行DCEP在“一带一路”区域化的同时,不仅要与沿线各国家进行博弈,还要与沿线主要国际货币发行国进行博弈,并且与后者的博弈会更加激烈。因为,DCEP要在“一带一路”实现区域化,必然会对当前沿线主要国际货币造成挤出甚至替代,也会撼动其全球主导地位,阻止其对沿线国家单方面的利益获取和经济制裁,这必然会引起主要国际货币发行国的强烈抵制。同时,随着各个国际货币开始加入法定数字货币的赛道,其更不会允许DCEP占领这场国际货币改革的先机。

另一方面,在经济贸易全球化的今天,沿线主要国际货币发行国如果在这场博弈中选择与DCEP合作,为国际贸易、投资以及清算提供一条相对独立高效的通道,就会极大改善当前国际清算系统速度慢、清算成本高的问题。此外,从全球化的视角来看,沿线主要国际货币发行国与DCEP合作也有助于全球货币体系多元化发展,共同维系全球金融稳定,平衡全球经济结构,避免爆发全球化金融危机。

假设DCEP“一带一路”区域化有两个博弈参与主体,分别为中国和沿线主要国际货币发行国,中国的策略集为“推行”DCEP和“不推行”DCEP,沿线主要国际货币发行国的策略集为“抵制”DCEP和与DCEP“合作”。其中,中国采取“推行”策略的可能性为 α ,沿线主要国际货币发行国采取“合作”策略的可能性为 β ,中国与沿线主要国际货币发行国博弈下各博弈方的成本收益见表4。

由中国与“一带一路”沿线主要国际货币发行国博弈下各博弈方的成本收益可以看出,相比较于与沿线国家的博弈,中国与沿线国际货币发行国的博弈过程更加复杂,也更为激烈。这具体表现在,DCEP的进入将在短期内替代沿线国家主要国际货币使用,出于对短期利益的维护,主要货币发行国可能采取强烈的抵制措施防止DCEP挤占其货币国际使用份额。但是从长期出发,DCEP进入沿线国家,推进全球货币体系多元化发展,维护全球金融稳定所带来的收益却是持续且巨大的。因此,DCEP“一带一路”区域化给沿线主要国际货币发行国乃至整个国际货币体系带来的收益尽管在短期看来不明显,但是从长期看收益远大于成本,即 $M_1 > M_2$ 且 $M > H, I, K, L, N$ 。根据表4中各种博弈情况下成本收益,得到中国“推行”DCEP和沿线主要国际货币发行国与DCEP“合作”策略集下的得益矩阵,如表5所示。

表 4 中国与沿线主要国际货币发行国博弈下各博弈方的成本收益

名称	各成本收益的具体含义
G_1	中国的初始状况
G_2	沿线主要国际货币发行国的初始状况
H_1	中国“推行”DCEP,沿线主要国际货币发行国“抵制”时中国的成本,包括在 DCEP“一带一路”区域化未能有效推进时,造成的贸易投资交易成本扩大、汇率风险上升、进一步推进 DCEP 国际化受阻以及已经投入的 DCEP 沉没成本等损失
H_2	中国“不推行”DCEP,沿线主要国际货币发行国“合作”时沿线主要国际货币发行国的成本
I_1	中国“不推行”DCEP,沿线主要国际货币发行国“合作”时中国的成本,由于 DCEP 推进受阻而导致中国损失的铸币税
I_2	中国“推行”DCEP,沿线主要国际货币发行国“抵制”时沿线主要国际货币发行国的成本
K	中国“推行”DCEP,沿线主要国际货币发行国“抵制”时,沿线主要国际货币发行国的收益,当前沿线主要国际货币发行国继续维护其货币在国际货币体系中的垄断地位所带来的收益($K < I_2$)
L	双方合作时,DCEP 对沿线国家主权货币进行货币替代对沿线主要国际货币发行国造成的铸币税收入损失($L < I_2$)
M_1	双方合作时,中国所获得的收益,中国通过 DCEP“一带一路”区域化获得铸币税、提升 DCEP 国际化程度等带来的收益
M_2	双方合作时,沿线主要国际货币发行国的收益
N_1	中国“不推行”DCEP,且沿线主要国际货币发行国“抵制”时,必然引起双方激烈的贸易战、货币战,由此给中国带来损失
N_2	中国“推行”DCEP,且沿线主要国际货币发行国“抵制”时,主要国际货币发行国因激烈的竞争而蒙受损失

重复前文步骤,最终得中国“推行”DCEP 和沿线主要国际货币发行国“合作”的复制动态方程组为:

$$\begin{cases} F_\alpha = \frac{\partial \alpha}{\partial t} = \alpha(1 - \alpha) [\beta(H_1 + I_1 + M_1 - N_1) + N_1 - H_1] \\ F_\beta = \frac{\partial \beta}{\partial t} = \beta(1 - \beta) [\alpha(H_2 + I_2 + M_2 - N_2 - K - L) + N_2 - H_2] \end{cases} \quad (13)$$

令 $c = H_1 + I_1 + M_1 - N_1$, $d = H_2 + I_2 + M_2 - N_2 - K - L$,中国“推行”DCEP 和沿线主要国际货币发行国与 DCEP“合作”的复制动态方程组(13)的进化稳定策略应满足 $F(\alpha) = 0$ 且 $F(\beta) = 0$,由此得出 $(0,0)$ 、 $(1,0)$ 、 $(0,1)$ 、 $(1,1)$ 为复制动态方程组(13)的均衡点,且当 $0 < \alpha < 1, 0 < \beta < 1$ 时,得到鞍点 $(\frac{N_1 - H_1}{c}, \frac{N_2 - H_2}{d})$ 。

表 5 中国“推行”DCEP 和沿线主要国际货币发行国与 DCEP“合作”策略集下的得益矩阵

博弈方和博弈战略	主要国际货币发行国合作(β)	主要国际货币发行国抵制($1 - \beta$)
中国推行(α)	$(G_1 + M_1, G_2 - L + M_2)$	$(G_1 - H_1, G_2 - I_2 + K)$
中国不推行($1 - \alpha$)	$(G_1 - I_1, G_2 - H_2)$	$(G_1 - N_1, G_2 - N_2)$

2. 演化路径分析

复制动态方程组(13)的雅克比矩阵为:

$$O = \begin{bmatrix} (1 - 2\alpha)(c\beta + N_1 - H_1) & c\alpha(1 - \alpha) \\ d\beta(1 - \beta) & (1 - 2\beta)(d\alpha + N_2 - H_2) \end{bmatrix} \quad (14)$$

矩阵的行列式为:

$$\det O = (1 - 2\alpha)(c\beta + N_1 - H_1)(1 - 2\beta)(d\alpha + N_2 - H_2) - c\alpha(1 - \alpha)d\beta(1 - \beta) \quad (15)$$

矩阵的迹为:

$$\text{tr} O = (1 - 2\alpha)(c\beta + N_1 - H_1) + (1 - 2\beta)(d\alpha + N_2 - H_2) \quad (16)$$

其中将均衡点 $(0,0)$ 、 $(1,0)$ 、 $(0,1)$ 、 $(1,1)$ 和 $(\frac{N_1 - H_1}{c}, \frac{N_2 - H_2}{d})$ 代入矩阵 O 的行列式和矩阵 O

的迹,发现根据演化博弈理论, $(0,0)$ 和 $(1,1)$ 为该博弈最可能达到的演化稳定点,中国与沿线主要国际货币发行国博弈的复制动态方程解可在图 2 中得以映射。图 2 横坐标表示中国采取“推出”策略的概率 α ,而纵轴则表示沿线国家采取“合作”策略的概率 β 。图 2 中靠近 $(0,0)$ 的区域为区域 3,在该区域中,有 $\alpha < (N_1 - H_1)/c$ 且 $\beta < (N_2 - H_2)/d$,复制动态方程的稳定解分别为 $\alpha = 0$ 和 $\beta = 0$,即对应的

策略选择为(不推出,抵制)。靠近(1,1)的区域为区域2,在该区域中,有 $\alpha > (N_1 - H_1)/c$ 且 $\beta > (N_2 - H_2)/d$,复制动态方程的稳定解分别为 $\alpha = 1$ 和 $\beta = 1$,即对应的策略选择为(推出,合作)。通过比较区域3和区域4的面积,可以推断出中国和沿线主要国际货币发行国在博弈过程中哪种策略出现的概率更大,出现概率更大的策略将是一种长期稳定策略。同样,中国人民银行可以通过一系列措施改变博弈中部分支付函数,从而增加双方共赢的可能性。

四、情景模拟实验

以上演化博弈分析表明,两个博弈可能的演化均衡点都包括两方合作和均不合作的结果。为了检验哪种结果将成为随时间推移的最终演化均衡点,本文采用情景模拟实验的方法,结合当前 DCEP 和“一带一路”沿线国家、沿线主要国际货币发行国的实际情况,为博弈模型各参数赋予初始值,提前预测 DCEP 进入“一带一路”市场的发展前景。

(一) DCEP 与沿线国家货币博弈的情景模拟实验

根据 DCEP 与沿线国家货币的利益博弈模型分析,中国与沿线国家对 DCEP“一带一路”区域化利益博弈的可能演化均衡点是(不推行,拒绝)(推行,接受)。情景模拟参数设置如下:设模拟时长为 5 年,依据博弈模型建立时各参数值的大小关系假设($D < C_2, E_1 < C_1, E_2 < C_2, F > B, C, E$),令 $B_1 = 4, B_2 = 5, C_1 = 5, C_2 = 6, D = 4, E_1 = 4, E_2 = 3, F_1 = 8, F_2 = 7$ 。代入复制动态方程组(9)得:

$$\begin{cases} F_x = \frac{\partial x}{\partial t} = x(1-x)[13y-4] \\ F_y = \frac{\partial y}{\partial t} = y(1-y)[11x-5] \end{cases} \quad (17)$$

利用 MATLAB 对(17)式进行情景模拟分析,具体模拟结果如图 3 和图 4 所示。图 3 和图 4 中,横轴中的 t 表示时间,纵轴中的 x 表示中国选择“推行”DCEP 策略的概率, y 则表示“一带一路”沿线国家选择“接受”DCEP 策略的概率。可以看出,无论中国和沿线国家初始选择情况如何,随着时间的推移,最终 x 和 y 趋向于 1 的数量明显更多,说明双方选择合作策略的可能性明显大于不合作策略的可能性,最终实现互利共赢。在 $t = 2.5$ 左右之后,中国选择“推行”策略的概率和沿线国家选择“接受”DCEP 策略的概率开始收敛于 1,表明 DCEP 在“一带一路”沿线国家推出 2.5 年后,沿线国家将普遍接受 DCEP。

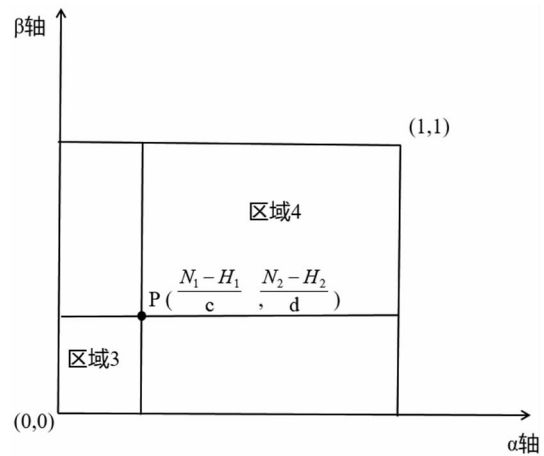


图 2 中国与沿线主要国际货币发行国博弈的集中相位图

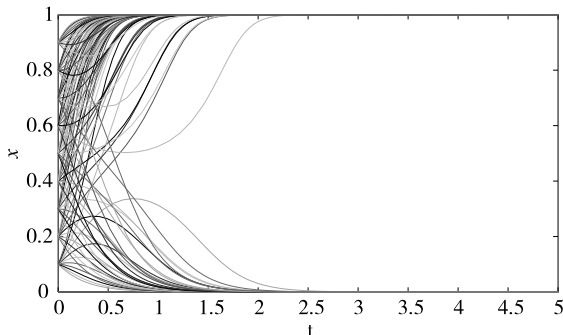


图 3 中国策略情景模拟

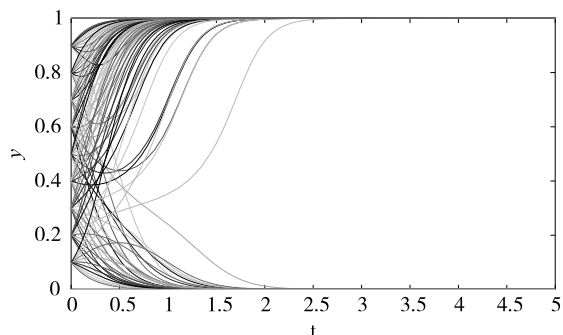


图 4 沿线国家策略情景模拟

情景模拟实验的结果表明在 DCEP“一带一路”区域化过程中,中国和沿线国家最终都会选择合作策略。近些年来,我国一直致力于“一带一路”建设,加强“五通”,即政策沟通、设施联通、贸易畅通、资金融通和民心相通,这将为我国之后的 DCEP“一带一路”区域化奠定基础。

(二) DCEP 与沿线主要国际货币发行国博弈的情景模拟实验

根据 DCEP 与沿线国家当前主要国际货币发行国的利益博弈模型分析,中国与沿线主要国际货币发行国对 DCEP“一带一路”区域化利益博弈的可能演化均衡点是(不推行,抵制)(推行,合作)。情景模拟参数设置如下:设模拟时长为 5 年,依据博弈模型建立时各参数值的大小关系假设 ($K < I_2, L < I_2, M_1 > M_2, M > H, I, K, L, N$),令 $H_1 = 2, H_2 = 3, I_1 = 5, I_2 = 7, K = 4, L = 4, M_1 = 10, M_2 = 9, N_1 = 3, N_2 = 2$ 。代入复制动态方程组(13)得:

$$\begin{cases} F_\alpha = \frac{\partial \alpha}{\partial t} = \alpha(1 - \alpha)[14\beta + 1] \\ F_\beta = \frac{\partial \beta}{\partial t} = \beta(1 - \beta)[9\alpha - 1] \end{cases} \quad (18)$$

对(18)式进行情景模拟分析,具体模拟结果如图 5 和图 6 所示。图 5 和图 6 中,纵轴中的 α 表示中国选择“推行”DCEP 策略的可能性大小, β 则表示沿线主要国际货币发行国选择“合作”策略的可能性大小。与前面结果相同,无论中国和沿线主要国际货币发行国初始选择情况如何,随着时间的推移,最终 α 和 β 趋向于 1 的数量明显更多,说明双方选择合作策略的可能性明显大于不合作策略的可能性。与中国和沿线国家的博弈不同,中国选择“推出”策略的可能性则远远大于“不推出”策略,只是选择“推出”策略概率最终收敛于 1 的时间更长。这表明尽管中国向国际货币市场推出 DCEP 会遭受到沿线主要国际货币发行国的阻碍,使得人民币国际化进程道阻且长,但是中国仍会坚定利用 DCEP 推进人民币国际化进程,因为相对于传统人民币国际化的路径而言,DCEP 会减少推进人民币国际化进程中的摩擦,是人民币提升国际地位的一次“弯道超车”的机会。

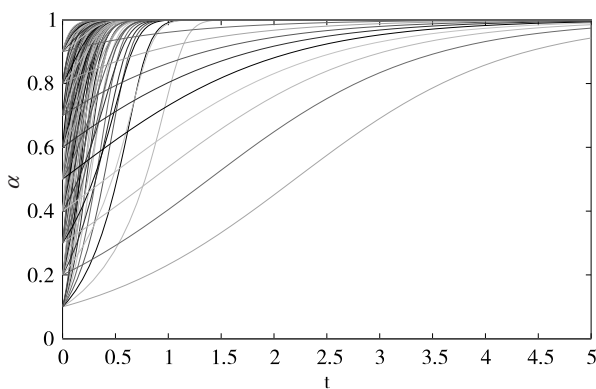


图 5 中国策略情景模拟

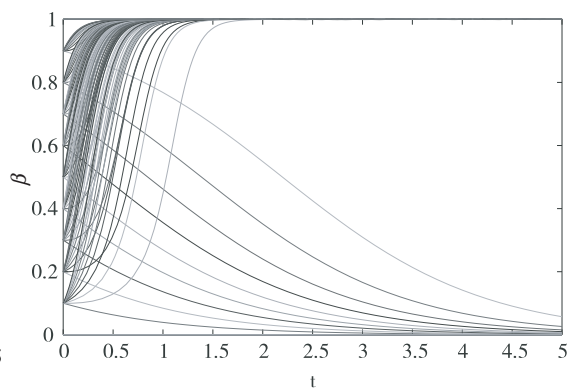


图 6 沿线主要国际货币发行国策略情景模拟

(三) DCEP“一带一路”区域化促进人民币国际化的经验证据

接下来,本文通过分析当前人民币在国际使用的经验数据,为博弈均衡结果和情景模拟实验结果提供经验证据。基于结算、计价和储藏职能是国际货币的三大职能,本文通过当前人民币在国际贸易和直接投资结算中的使用、人民币国际债券计价以及国际储备份额数据构建衡量人民币国际化程度的指标。其中,人民币国际结算职能用人民币在中国进出口和直接投资中的结算额除以中国进出口和直接投资总额表示,数据来源于国家统计局和中国人民银行;人民币国际计价职能用人民币国际债券未偿余额除以全球国际债券未偿余额表示,数据来源于国际清算银行;人民币国际储藏职能用人民币国际储备份额表示,数据来源于国际货币基金组织。此外,分别为以上三个职能赋予等额权重(1/3),以构建人民币国际化水平

指数。

图7为本文构建的人民币国际化指标趋势图。总体而言,人民币在国际上的使用情况大致分为三个阶段:2013年至2014年年中,人民币国际使用呈上升趋势,事实上,2009年人民币跨境贸易结算业务开始实施,为人民币“走出去”打开了大门,也正是从那时起,人民币在国际上的使用范围显著扩大。直到2015年,全球

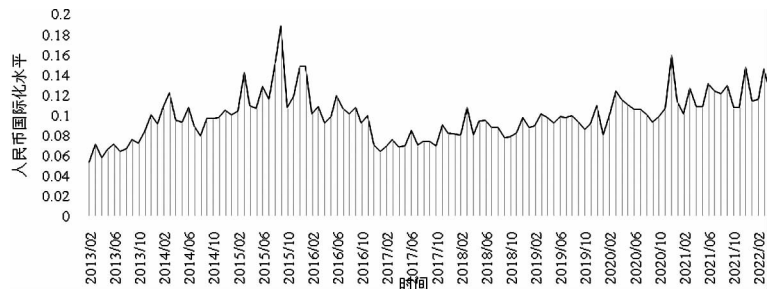


图7 人民币国际化程度趋势图

经济增速放缓、有效需求不足,导致我国的外贸需求出现下滑,从而也为人民币国际化带来了负面影响,这一影响一直持续到2016年底。而2015年底至2018年3月的人民币跨境支付系统(CIPS)的投入运行为人民币跨境贸易结算、跨境直接投资等提供了更为便利化的支付结算手段,使得人民币国际使用水平在2017年初开始呈上升趋势,且这种趋势一直持续到现在。可以看出,跨境贸易人民币结算业务实施为人民币跨境贸易结算提供了可能,而人民币跨境支付系统的运行则成了人民币跨境使用的“驱动器”。相对于传统的人民币,采用DCEP进行跨境支付将更加高效、快捷并拥有低成本的优势,这无疑将吸引更多的国际主体使用人民币进行跨境结算。

五、结论性评述

通过上述分析,本文得出如下结论:第一,通过构建中国与“一带一路”沿线国家的演化博弈模型,得出博弈可能的稳定均衡点为(不推行,拒绝)和(推行,接受)。情景模拟实验结果表明,长期来看,DCEP在“一带一路”区域化博弈中倾向于采取“推出”策略,且“一带一路”沿线国家也倾向于“接受”DCEP的策略,进而实现互利共赢。第二,通过构建中国与沿线主要国际货币发行国的演化博弈模型,得出博弈可能的稳定均衡点为(不推行,抵制)和(推行,合作)。情景模拟实验结果表明,长期来看,DCEP在“一带一路”区域化博弈中倾向于采取“推出”策略,且沿线主要国际货币发行国也倾向于与DCEP“合作”的策略,促进未来国际货币体系实现多元化发展。第三,中国货币当局能够通过采取适当措施改变博弈的支付函数,从而增加博弈双方合作的可能性。此外,相较于“一带一路”沿线国家接受DCEP,沿线主要国际货币发行国实现与DCEP合作所需要的时间将更长。这与根植于文化中的博弈理念相关,相较于中国所秉承的共济博弈理念,西方世界秉承零和博弈理念,谋求对世界的终极控制^[15]。但人民币的国际化并不一定给其他国际货币造成威胁,双方也存在互利共赢、协同发展的合作空间。

本文提出如下相关建议:第一,加快推进DCEP研发后续的试点、正式投放等工作。同时制定DCEP在境外货币市场流通所需要的法律法规、技术环境和推广策略,以免错失DCEP所带来的国际货币体系变革机遇。尤其要在世界银行、国际货币基金组织和国际清算银行等国际金融组织的框架下,推进DCEP跨境支付结算的监管与治理体系构建。第二,在DCEP国际化的过程中,仍然走“区域化—国际化”的路线,先实现DCEP在“一带一路”沿线国家等与我国贸易投资密切往来的国家或地区的使用。因为这些国家对于人民币国际化具有更高的接受度,也能为DCEP在国际货币市场交易中使用提供示范作用。同时,在推进DCEP区域化的过程中,要对货币被替代国的损失予以补偿,以减少DCEP国际化过程中的摩擦,从而增加DCEP被接受的可能性。第三,推进DCEP的国际合作。与目前央行数字货币研发走在前列的国家结成同盟,共同构建世界货币体系新格局,以打破美元在国际货币体系中的霸权地位,形成全新的货币生态格局,从而维护国际货币体系的稳定。第四,采取公私合营的方式推进DCEP国际化。由于企业在国际贸易中的货币选择才是货币国际化的微观基础,因此,在推进DCEP国

际化的过程中,要充分调动私营企业使用 DCEP 的积极性。同时,还要借助私营金融科技企业在国际市场上的客户资源、积极创新以及更高的接受度等优势,扩大 DCEP 在国际货币市场上的适用范围。

参考文献:

- [1]刘津含,陈建. 数字货币对国际货币体系的影响研究[J]. 经济学家,2018(5):17-22.
- [2]程炼. 数字货币:从经济到社会[J]. 社会科学战线,2020(6):60-72.
- [3]石建勋,刘宇. 法定数字人民币对人民币国际化战略的意义及对策[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版),2021(4):1-9.
- [4]胡俏,齐佳音. 基于 SD 演化博弈模型的数字货币扩散演化仿真研究[J]. 系统工程理论与实践,2021(5):1211-1228.
- [5]Davidson S, De Filippi P, Potts J. Blockchains and the economic institutions of capitalism[J]. Journal of Institutional Economics, 2018, 14(4):639-658.
- [6]姚前. 共识规则下的货币演化逻辑与法定数字货币的人工智能发行[J]. 金融研究,2018(9):37-55.
- [7]王炳楠. 国际战略视角下的数字货币发展研究[J]. 新金融,2020(7):50-55.
- [8]薛莹,胡坚. 金融科技助推经济高质量发展:理论逻辑、实践基础与路径选择[J]. 改革,2020(3):53-62.
- [9]安娜. 数字美元:发行目的、基本架构、应用场景及对我国央行数字货币 DC/EP 的挑战[J]. 新金融,2020(11):21-26.
- [10]叶芳,杜朝运. 现行国际货币体系下的货币竞争——基于二元寡头垄断模型的分析[J]. 上海金融,2012(4):45-49.
- [11]代高琪,刘赫,纪尚伯,等. 国际货币竞争的主从博弈分析及其对人民币国际化的启示[J]. 系统工程理论与实践,2021(4):892-904.
- [12]王婷婷. 货币国际化进程的博弈分析——两国博弈模型及其对人民币国际化的启示[J]. 金融研究,2014(5):80-95.
- [13]刘玲. 国际货币竞争视角下的人民币国际化博弈分析[J]. 北京理工大学学报(社会科学版),2012(2):58-64.
- [14]Friedman D. Evolutionary game in economics[J]. Econometrica, 1991, 59(3):637-666.
- [15]禹钟华,祁洞之. 大国博弈中的国际货币体系演化——兼论中西博弈理念及其文化渊源[J]. 国际金融研究,2013(10):13-19.

[责任编辑:高 婷]

Game Analysis of Central Bank's Digital RMB in the Regionalization Process of "Belt and Road" Initiative

GU Guangdong, LI Hui

(School of Economics and Management, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

Abstract: Under the background of the regionalization of the "Belt and Road" with the Central bank's digital RMB, a pound-for-pound evolutionary game model is constructed between China and countries along the "Belt and Road" and between China and major international currency issuing countries along the "Belt and Road", and the game process and equilibrium results of stakeholders of the Central bank's digital RMB in the regionalization process of the "Belt and Road" are studied. And through the scenario simulation experiment to find the final evolutionary equilibrium point of the game. The results show that, although in the short term, the central bank's digital RMB will be resisted by the countries along the "Belt and Road" and the major international currency issuing countries along the "Belt and Road" in the regionalization process; But in the long term, the central bank figures in RMB in all the way "regionalization" area tend to adopt the "launching" strategy in the game, and "neighbourhood" all the way along the countries tend to adopt the strategy of "acceptance", along the main international currencies also tend to adopt "cooperation" strategy, so as to promote the development of diversification in the future international monetary system.

Key Words: DCEP; RMB internationalization; SD evolutionary game; scenario simulation; the "Belt and Road" initiative; diversification of the international monetary system