

# 日本准天顶卫星导航系统应用分析与启示

国际<sup>1</sup>, 高为广<sup>1</sup>, 苏牡丹<sup>1</sup>, 石善斌<sup>1</sup>, 汪陶胜<sup>2</sup>

(1. 北京跟踪与通信技术研究所, 北京 100094;

2. 空军研究院通信与导航研究所, 北京 100085)

**摘要:** 日本立足自身自然地形及城市特点, 基本建成了准天顶卫星导航系统(QZSS), 并可基于 GPS 提供定位增强服务. 本文针对 QZSS 服务及应用开展了研究, 对其信号、特色服务, 应用领域, 以及推荐产品名录进行了分析. 日本针对卫星导航的推广应用工作有其特色, 充分利用了数码相机、运动手表等产品制造优势, 大力布局个人智能终端; 在铁路、精准农业、建筑施工等行业, 努力拓展厘米级增强服务应用. 这些对我国推进卫星导航系统应用工作有着一定的参考意义.

**关键词:** 准天顶卫星导航系统; 特色服务; 产品名录; 高精度应用; 灾害报告

**中图分类号:** P228.4      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1008-9268(2020)01-0093-06

## 0 引言

随着世界多极化、经济全球化的深入发展, 卫星导航系统的战略地位日益显著, 其广泛应用对国民经济和国家安全产生了重要影响. 当前, 四大全球卫星导航系统(GNSS)正在进行更新换代或基本能力部署, 北斗卫星导航系统(BDS)已于 2018 年宣布提供全球服务<sup>[1]</sup>, 美国加紧 GPS III 建设, 欧洲伽利略系统扩大全球覆盖范围, 俄罗斯格洛纳斯系统抓紧部署新卫星. 两大区域卫星导航系统中, 印度基本建成区域导航卫星系统——NAVIC<sup>[2]</sup>; 日本准天顶卫星导航系统(QZSS)完成了基本部署, 其可与 GPS 兼容使用, 并提供基于 GPS 的增强服务, 突出了特色服务, 大力拓展其卫星导航应用.

## 1 QZSS 系统及信号服务

### 1.1 基本情况

QZSS 计划未来具备七颗卫星, 可提供覆盖日

本本土及西太平洋地区的卫星导航服务.

目前, QZSS 已发射四颗卫星, 如表 1 所示; 预计到 2023 年还将增加三颗卫星<sup>[3]</sup>. 2018 年 11 月 1 日, QZSS 官方宣布开始正式运营<sup>[4]</sup>, 提供基于 GPS 的亚米级定位增强服务(精度 1~2 m), 以及厘米级定位增强服务(静止精度 6~12 cm, 移动精度 12~24 cm)<sup>[5-6]</sup>.

表 1 发射情况一览表

序号	发射时间	备注
QZS-1	2010.9	“Michibiki”(指路号), 用于技术验证
QZS-2	2017.6	
QZS-3	2017.8	
QZS-4	2017.10	

### 1.2 信号服务

QZSS 可与 GPS 兼容使用并提供增强服务, 特别是支持 L6 信号, 可在日本及周边地区实现高稳定性的精确定位服务, 信号及服务详见表 2<sup>[7]</sup>.

收稿日期: 2019-12-18

资助项目: 国家自然科学基金(41974041)

通信作者: 国际 E-mail: bixff@163.com

表2 QZSS 信号服务概览

信号	QZS1			QZS2、3、4			服务 类型	中心 频率
	Block IQ	Block IIQ	Block IIG	Block IQ	Block IIQ	Block IIG		
	QZO	QZO	GEO	QZO	QZO	GEO		
	1颗 卫星	2颗 卫星	1颗 卫星	1颗 卫星	2颗 卫星	1颗 卫星		
L1C/A	支持	支持	支持	支持	支持	支持	定位、导航、授时(PNT)	1575.42 MHz
L1C	支持	支持	支持	支持	支持	支持	PNT	
L1S	支持	支持	支持	支持	支持	支持	亚米级定位增强	1575.42 MHz
	支持	支持	支持	支持	支持	支持	灾害管理报告	
L2C	支持	支持	支持	支持	支持	支持	PNT	1227.60 MHz
L5	支持	支持	支持	支持	支持	支持	PNT	1176.45 MHz
L6	支持	支持	支持	支持	支持	支持	厘米级定位增强	1278.75 MHz
S-band	—	—	支持	—	—	—	QZSS安全确认	2GHz

注：QZO 为准天顶卫星轨道

## 2 应用模式

### 2.1 定位及增强服务

日本自然地形以山地和丘陵为主,城市区域高楼林立、道路密度较高,有时 GPS 卫星信号会被山体、大型建筑物或其他物体阻挡,一些区域定位精度很差。随着 QZSS 卫星数量的增加,有效减少了电离层误差,改善了几何精度因子,可实现亚米级高精度定位。据日本官方宣传报道,QZSS 定位服务可广泛应用于个人设备、汽车、铁路、智能建筑、精准农业等领域。

1) 个人设备,主要是在个人便携设备上记录高精度位置信息。例如,结合手机应用程序,提供稳定可靠的道路信息(特别是公共设施入口等详细信息)。

2) 汽车行业,主要有车载导航、自动驾驶、道路自动计费、公共交通与物流、交通安全等方面。例如,通过位置信息监控公交车或出租车的实时驾驶信息,精准实时报告位置,用于调度;用于建立自动道路计费系统,比如特定道路收费,或市区中心区域计时收费;也可对远距离行驶车辆(例如长途巴士和卡车)进行跟踪和运营管理。

3) 铁路领域。日本大众出行高度依赖铁路运输,这就要求列车运营管理做到“绝对”安全,最大可能地避免铁路事故。借助于 QZSS 高精度定位服

务,可以准确地确定列车位置,这样可以减少地面设施,在确保安全的同时降低维护和管理成本<sup>[8]</sup>。

4) 建筑行业。厘米级增强服务(CLAS)可发送基于 GNSS 控制站产生的测量信息,在没有移动通信服务的情况下,施工现场采用支持 QZSS CLAS 服务的机械,可根据设计图纸进行精细施工<sup>[9]</sup>。

5) 精准农业领域。QZSS CLAS 的应用有助于实现农业机械自动化,使少数人管理大型农场成为可能。

### 2.2 特色服务

结合日本地理特点和国情,QZSS 设计了特色服务,主要有以下两方面:

1) 灾害/危机管理卫星报告服务(Disaster and Crisis Management Report,简称 DC 报告)<sup>[10]</sup>。QZSS 可在发生地震、海啸或火山爆发等灾难时发送灾害/危机报告,如图 1 所示。这类报告能被发送到公共建筑内(如学校、医院)和道路公共设施上(如路灯、交通信号灯及自动售货机);收到报告后,通过扬声器播放警报。不过 DC 报告需要使用者连续接收,这就要求接收设备电量充足;考虑到移动电话等个人便携设备电池容量有限,DC 报告在卫星传输的同时也能通过社交媒体等网络手段传递警报。

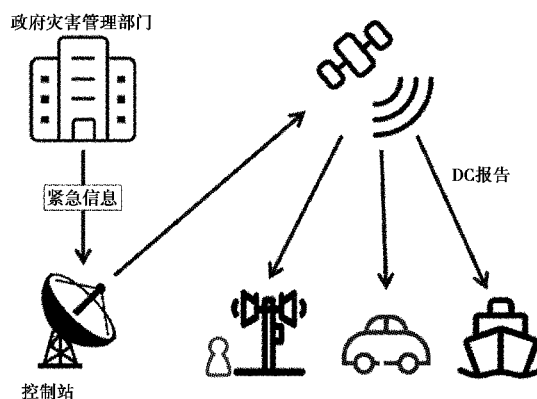


图1 DC 报告服务

2) QZSS 安全确认服务 Q-ANPI。在灾难发生后通信终端无法使用的情况下,用户通过 QZSS 安全确认服务可向亲友和其他人发送电子邮件求助,或发送含位置信息的救援请求<sup>[11]</sup>,如图 2 所示。

采用以上特色服务,QZSS 可覆盖日本近海海域并提供灾害信息,例如海啸、台风信息,船只也可在海上遇险时发出救援请求。

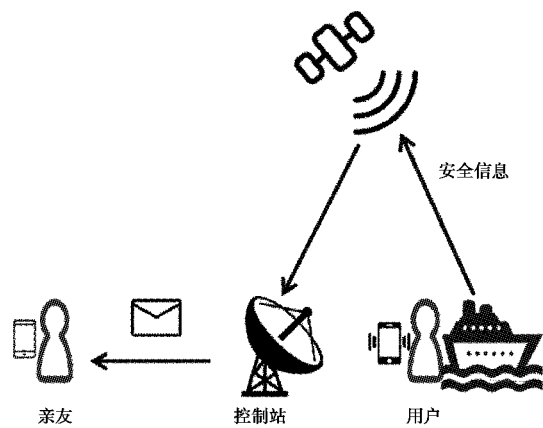


图 2 Q-ANPI 服务

2.3 典型应用试验

2017 年 10 月 23 日,北海道大学组织洋马等三家农业机械制造商在北海道上富良野町,进行了一项针对支持厘米级增强服务的农用拖拉机自动驾驶试验<sup>[12]</sup>。

在强风、低温、降雪警告的情况下,农用拖拉机仍旧做到稳定接收 QZSS 信号,并实现了精准驾驶.在日本政府战略创新创造计划(SIP)支持下,北海道已经引入了 3 000 多台装有 GNSS 接收设备的农用机械,特别是采用了 RTK 转向辅助功能,对日本人口下降引起的农业就业人口不足很有帮助.不过,农机安装此类系统成本相对较高,与远处基站的无线连接尚不稳定<sup>[13]</sup>。

美国、澳大利亚等国已实现大规模耕种,广泛利用 GNSS 设备管理农场;而当前,日本的农业常态还是小规模农场居多,这就要求农民很大程度上要依靠个人经验来管理农田.日本还面临着农业人口减少的问题,为此,QZSS 将会大力推动卫星定位服务应用于现代农业发展.由于日本和东南亚国家一样都有着复杂的农业生态和地理特征,日本力推精细化、系统化耕作,也会大力推广其相关经验到东南亚国家。

3 应用产品及分析

QZSS 列出了官方推荐产品一览表,主要分为智能便携设备、汽车设备、户外运动与数码相机、接收器、芯片模块等多类产品,详细情况如表 3 所示<sup>[14]</sup>。

表 3 支持 QZSS 产品制造商概览

产品类别	主要厂商	可支持信号及服务
智能手机	苹果、华硕、HTC、Covia、三星电子、夏普、索尼移动、华为、富士通、宝丽来	L1C/A (卫星定位服务)
平板电脑	苹果、华硕、东芝、松下、微软	L1C/A (卫星定位服务)
车载导航	歌乐、JVC、星和电机、电装天、先锋、松下、三菱电机、优比特、DreamMaker 等	L1C/A (卫星定位、导航和授时服务)
行车记录仪	快美特、佳明、COMTEC、先锋	L1C/A (卫星定位、导航和授时服务)
雷达探测器	COMTEC、蜂巢电讯、优比特	L1C/A (卫星定位、导航和授时服务) L1S(亚米级增强服务,DC 报告,蜂巢电讯部分产品可支持)
户外运动电子设备	佳能、先锋、POLAR(博能)、优比特、Mobile Action	L1C/A (卫星定位、导航、授时服务)
数码相机	奥林巴斯、佳能、尼康	L1C/A (卫星定位、导航、授时服务)
运动手表	日本精工、卡西欧、佳明、TOM TOM(日本)、MASA、Mobile Action	L1C/A(卫星定位、导航、授时服务), L1S(亚米级增强服务,MASA 部分产品可支持)
卫星广播时钟	卡西欧、日本精工、西铁城	L1C/A (卫星定位、导航、授时服务)
接收机	日本广播、软银、CORE、拓普康、尼康-天宝、诺瓦泰、Javad GNSS、东京飞机仪表、日立、瑞士徕卡、古野电气、麦哲伦日本、三菱电机、ZMP、septentrio、BizStation、Forte	L1C/A, L1C, L2C, L5(卫星定位、导航、授时服务), L1S(亚米级增强服务), L6(厘米级增强服务) (不同服务类型可选)
天线	小峰无线电机、诺瓦泰、Javad GNSS	L1C/A, L1C, L2C, L5 (卫星定位、导航、授时服务) L6(厘米级增强服务) (不同服务类型可选)
芯片/大规模集成电路/模块	天宝、诺瓦泰、博通、联发科、u-blox、CORE、索尼市场、索尼半导体、麦哲伦日本、古野电气、Position	L1C/A, L1C, L2C, L5(卫星定位、导航、授时服务), L1S(亚米级增强服务) (不同服务类型可选)

表 3(续)

产品类别	主要厂商	可支持信号及服务
模拟源	U-blox、是德科技(安捷伦)、思博伦通信、罗德施瓦茨公司、IP-Solutions、Averna、KOZO KEIKAKU	L1C/A, L1C, L2C, L5(卫星定位、导航、授时服务) (不同服务类型可选)
农业机械	洋马	L1C/A (卫星定位、导航、授时服务)
智能手机	苹果、华硕、HTC、Covia、三星电子、夏普、索尼移动、华为、富士通、宝丽来	L1C/A (卫星定位服务)
平板电脑	苹果、华硕、东芝、松下、微软	L1C/A (卫星定位服务)

其中,智能手机的主流厂商以日、美品牌为主,这与 QZSS、GPS 实现兼容互操作有一定关系;同时,日本在推广应用方面突出了数码相机、运动手表等本国优势产品;接收机方面,类型齐全、数量较多,生产厂家也以欧美或日美合资居多。

但在支持 L6 信号的产品开发方面,目前芯片、模拟源等产品研发有所欠缺,日本也正大力培植本国厂商支持 QZSS 新信号,比如日本广播、三菱、软银、洋马等知名企业。

其中,可支持特色服务的设备也在不断开发中,现阶段的主要终端厂商为日本本国企业以及美国知名厂商,详见表 4<sup>[14]</sup>。

表 4 支持特色服务的产品概览

类别	生产商名称	产品名称
亚米级增强服务(SLAS)		
雷达探测器	蜂星电讯	AR-W55GA/AR-W6 5GM/AR-45GA
运动手表	MASA	高尔夫手表 Premium II
接收机	软银	多 GNSS 终端
	FORTE	FB102/FB202
芯片/大规模集成电路/模块	索尼半导体	CXD5603GF 定位授时模块 GT-88
	古野电气	GNSS 锁定振荡器 GF-8805
	Position u-blox	GSU-141 NEO-M8U/NEO-M8L
平板电脑	索尼半导体	SPRESENSE

类别	生产商名称	产品名称
厘米级增强服务(CLAS)		
接收机	CORE 公司	Chronosphere-L6 多频多 GNSS 系统接收机
	麦哲伦日本	MJ-2005-GL4 /EVK MJ-3008-GM4-QZS
	三菱电机	AQLOC
灾害与危机管理卫星报告服务(DC 报告)		
雷达探测器	蜂星电讯	AR-W55GA/AR-W6 5GM/AR-45GA

日本立足其自然地形及城市特点建设其区域卫星导航系统,并突出了灾害/危机管理卫星报告、安全确认等特色服务。在加速建设系统的同时,日本针对卫星导航的推广应用工作也有了明显进步,充分利用了数码相机、运动手表等产品制造优势,大力布局个人智能终端研制生产,如奥林巴斯、佳能、尼康、日本精工、卡西欧、索尼、东芝、松下等多家企业均有典型产品纳入日本官方推荐名录。在铁路、精准农业、精细建筑等领域,积极拓展亚米级增强、厘米级增强、灾害与危机管理卫星报告等特色服务应用,但支持 L6 新信号的芯片、终端厂家数量尚不充足,产品类型不够丰富,多以扶持日本国内厂商为主。

## 4 结束语

日本立足其自然地形及城市特点,基本建成了区域卫星导航系统 QZSS,并基于 GPS 提供增强服务;针对地震、海啸等灾害易发的现实情况,设计了灾害/危机管理卫星报告、安全确认等特色服务。应用推广方面,日本充分利用了智能终端产品制造优势,不少知名企业都推出了支持 QZSS 的各类产品,支持其增强服务的接收机、芯片等也正在不断研发。

这对 BDS 应用推广工作有一定的参考意义,主要的启示有:1)重点抓好导航产品自主研发,特别是芯片、接收机等基础类产品作为用户用好的基石地位凸显,产品研发要跟上 BDS 全球服务进程;2)加强推进智能融合应用,应立足我国国情突出 BDS 特色服务(如全球短报文通信、国际搜救、精密单点定位等服务),结合我强势、优势行业(如高铁、大型基建等)融合推进北斗服务;3)充分调动行业主管部门在推动 BDS 应用的意愿,卫星导航服务涉及国计民生众多行业领域,BDS 要实现全过程切入、全方位服务各行各业是一个长期过程,离

不开各部门的通力合作,如此才能取得经济、社会效益;4)综合研判并加大海外推广力度.例如,农业领域,我国在新疆、黑龙江等地区已有大规模播种、收割的 BDS 应用经验<sup>[15]</sup>,但也应看到在华南等地区有着不同地形特点,在精细化操作方面还大有可为,针对不同地形,应用 BDS 的精准农业成功经验可推广到“一带一路”国家和地区;5)持续更新 BDS 产品推荐名录,助推本土企业发展.

### 参考文献

- [1] 北斗网:北斗系统提供全球服务再掀关注热潮[EB/OL]. (2018-12-28)[2019-08-22]. <http://www.beidou.gov.cn/yw/xwzx/201812/t20181229.16945.html>.
- [2] Department of Space, Indian Space Research Organisation. Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS): NavIC [EB/OL]. (2019-07-19)[2019-08-22]. <https://www.isro.gov.in/irnss-programme>.
- [3] Cabinet Office, Government Of Japan. Overview of the Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) [EB/OL]. (2018-11-01)[2019-08-22]. <https://qzss.go.jp/en/overview/services/sv01.what.html>.
- [4] National Space Policy Secretariat, Cabinet Office. Start of QZSS Services [EB/OL]. (2018-11-01)[2019-08-22]. <https://qzss.go.jp/en/overview/notices/qzss.181101.html>.
- [5] Cabinet Office, Government Of Japan. Advantages of QZSS [EB/OL]. (2018-11-01)[2019-08-22]. <https://qzss.go.jp/en/technical/technology/superiority.html>.
- [6] KOGURE S, MORIYAMA H, MATSUMOTO A, et al. JAPAN. The latest update on Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) Program [C]//ION. Proceedings of the ION 2017 Pacific PNT Meeting. Honolulu, Hawaii, 2017: 627-652.
- [7] Cabinet Office, Government Of Japan. Transmission Signals [EB/OL]. (2018-11-01)[2019-08-22]. <https://qzss.go.jp/en/overview/services/sv03.signals.html>.
- [8] Cabinet Office, Government Of Japan. Highly precise positioning supports safe and efficient train operation [EB/OL]. (2018-11-01)[2019-08-22]. <https://qzss.go.jp/en/usage/useimage/us04.railways.html>.
- [9] Cabinet Office, Government Of Japan. User Guide (Construction and Agriculture) [EB/OL]. (2018-11-01)[2019-08-22]. <https://qzss.go.jp/en/usage/useimage/us06.construct.html>.
- [10] Cabinet Office, Government Of Japan. Satellite Report for Disaster and Crisis Management (DC Report) [EB/OL]. (2018-11-01)[2019-08-22]. <https://qzss.go.jp/en/overview/services/sv08.dc-report.html>.
- [11] Cabinet Office, Government Of Japan. QZSS Safety Confirmation Service (Q-ANPI) [EB/OL]. (2018-11-01)[2019-08-22]. <https://qzss.go.jp/en/overview/services/sv09.q-anpi.html>.
- [12] Hokkaido University. Hokkaido implements automatic driving experiment (QZSS) [EB/OL]. (2017-10-30)[2019-08-22]. <https://qzss.go.jp/events/furano.171030.html>.
- [13] Cabinet Office, Government Of Japan. Use cases of QZSS [R/OL]. (2019-01-30)[2019-08-22]. <https://qzss.go.jp/usage/userreport/isos7j000000j17g-att/use-cases.20190130.pdf>.
- [14] Cabinet Office, Government Of Japan. List of products that support the Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) [EB/OL]. (2018-08-08)[2019-08-22]. <http://qzss.go.jp/en/usage/products/list.html>.
- [15] 北斗网:北斗精准农业落地阿拉伯国家[EB/OL]. (2019-04-03)[2019-08-22]. <http://www.beidou.gov.cn/yw/xwzx/201904/t20190403.17721.html>.

### 作者简介

国际 (1985—),女,博士,助理研究员,研究方向为卫星导航.

高为广 (1979—),男,博士,副研究员,研究方向为卫星导航.

苏牡丹 (1981—),女,硕士,助理研究员,研究方向为卫星导航.

石善斌 (1979—),男,博士,助理研究员,研究方向为卫星导航.

汪陶胜 (1980—),男,博士,助理研究员,研究方向为卫星导航.



## Review on the applications of Quasi-Zenith Satellite System

GUO Ji<sup>1</sup>, GAO Weiguang<sup>1</sup>, SU Mudan<sup>1</sup>, SHI Shanbin<sup>1</sup>, WANG Taosheng<sup>2</sup>

(1. *Beijing Institute of Tracking and Telecommunications Technology, Beijing 100094, China;*

2. *Institute of Communications and Navigation, Academy of Air Force, Beijing 100085, China*)

**Abstract:** Based on natural topography and urban characteristics, the Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) has been basically built, with providing positioning enhancement services based on GPS. This paper introduces services and applications about QZSS, and gives the analysis of its signals, featured services, application modes and recommended product lists. QZSS promotes the use of terminal equipments, with taking advantages of manufacturing digital cameras and sport watches. Also, CLAS are expanded in industries such as railway, precision agriculture and construction. Those have certain reference meaning for promoting the applications of BeiDou Navigation Satellite System.

**Keywords:** QZSS; featured service; product list; application; disaster and crisis management report;