

Supplement of Ann. Geophys., 37, 989–1003, 2019  
<https://doi.org/10.5194/angeo-37-989-2019-supplement>  
© Author(s) 2019. This work is distributed under  
the Creative Commons Attribution 4.0 License.



*Supplement of*

## **Solar cycle, seasonal, and asymmetric dependencies of thermospheric mass density disturbances due to magnetospheric forcing**

**Andres Calabia and Shuanggen Jin**

*Correspondence to:* Shuanggen Jin (sgjin@nuist.edu.cn, sg.jin@yahoo.com)

The copyright of individual parts of the supplement might differ from the CC BY 4.0 License.

## Contents of this file

Table S1 and Additional Supporting Information

**Additional Supporting Information can be downloaded from <http://doi.org/10.5281/zenodo.3234582>:**

The following files are compressed in the *ds02.zip* file:

- *DN\_3min* (csv format): Modified Julian Date, Latitude, longitude, and density estimates ( $\text{Kg m}^{-3}$ ) along orbit 3 min interval, normalized to an altitude of 475 km.
- *model* (folder): MATLAB scripts corresponding to TMDM model (example in RUN.m file).

**Table S1. Fitting parameters in Equation (4) and (5) for the best correlation given in Figure 5. Goodness of fits is given in Table 4.**

		North		Equator		South			
1 d < ρ < 10 d	Dst	p00	1.97×10 <sup>-15</sup>	(8.676×10 <sup>-16</sup> , 3.063×10 <sup>-15</sup> )	-4.39×10 <sup>-15</sup>	(-5.627×10 <sup>-15</sup> , -3.145×10 <sup>-15</sup> )	1.15×10 <sup>-14</sup>	(1.06×10 <sup>-14</sup> , 1.233×10 <sup>-14</sup> )	
		p10	-1.11×10 <sup>-14</sup>	(-1.118×10 <sup>-14</sup> , -1.097×10 <sup>-14</sup> )	-5.59×10 <sup>-15</sup>	(-5.712×10 <sup>-15</sup> , -5.465×10 <sup>-15</sup> )	-2.263	(-2.283, -2.243)	
		p01	-6.01×10 <sup>-17</sup>	(-8.324×10 <sup>-17</sup> , -3.704×10 <sup>-17</sup> )	9.42×10 <sup>-17</sup>	(6.805×10 <sup>-17</sup> , 1.203×10 <sup>-16</sup> )	-2.31×10 <sup>-14</sup>	(-2.498×10 <sup>-14</sup> , -2.125×10 <sup>-14</sup> )	
		p20	7.87×10 <sup>-17</sup>	(7.813×10 <sup>-17</sup> , 7.935×10 <sup>-17</sup> )	5.77×10 <sup>-17</sup>	(5.698×10 <sup>-17</sup> , 5.836×10 <sup>-17</sup> )	4.74×10 <sup>11</sup>	(4.503×10 <sup>11</sup> , 4.976×10 <sup>11</sup> )	
		p11	2.36×10 <sup>-16</sup>	(2.333×10 <sup>-16</sup> , 2.376×10 <sup>-16</sup> )	1.27×10 <sup>-16</sup>	(1.243×10 <sup>-16</sup> , 1.292×10 <sup>-16</sup> )	5.798	(5.753, 5.842)	
		p02	2.91×10 <sup>-19</sup>	(1.749×10 <sup>-19</sup> , 4.066×10 <sup>-19</sup> )	-4.02×10 <sup>-19</sup>	(-5.325×10 <sup>-19</sup> , -2.705×10 <sup>-19</sup> )	1.07×10 <sup>-14</sup>	(9.79×10 <sup>-15</sup> , 1.164×10 <sup>-14</sup> )	
		p30	2.72×10 <sup>-19</sup>	(2.71×10 <sup>-19</sup> , 2.738×10 <sup>-19</sup> )	3.69×10 <sup>-19</sup>	(3.678×10 <sup>-19</sup> , 3.711×10 <sup>-19</sup> )	-1.27×10 <sup>22</sup>	(-1.81×10 <sup>22</sup> , -7.303×10 <sup>21</sup> )	
		p21	-7.36×10 <sup>-19</sup>	(-7.415×10 <sup>-19</sup> , -7.306×10 <sup>-19</sup> )	-6.18×10 <sup>-19</sup>	(-6.244×10 <sup>-19</sup> , -6.121×10 <sup>-19</sup> )	-4.52×10 <sup>11</sup>	(-4.755×10 <sup>11</sup> , -4.294×10 <sup>11</sup> )	
		p12	-8.95×10 <sup>-19</sup>	(-9.048×10 <sup>-19</sup> , -8.841×10 <sup>-19</sup> )	-4.98×10 <sup>-19</sup>	(-5.098×10 <sup>-19</sup> , -4.863×10 <sup>-19</sup> )	-2.273	(-2.296, -2.249)	
		p00	-7.25×10 <sup>-15</sup>	(-8.377×10 <sup>-15</sup> , -6.131×10 <sup>-15</sup> )	-5.23×10 <sup>-15</sup>	(-5.784×10 <sup>-15</sup> , -4.678×10 <sup>-15</sup> )	1.08×10 <sup>-14</sup>	(9.865×10 <sup>-15</sup> , 1.171×10 <sup>-14</sup> )	
		p10	-1.23×10 <sup>-14</sup>	(-1.243×10 <sup>-14</sup> , -1.224×10 <sup>-14</sup> )	-7.68×10 <sup>-15</sup>	(-7.731×10 <sup>-15</sup> , -7.637×10 <sup>-15</sup> )	-3.197	(-3.219, -3.175)	
		p01	1.58×10 <sup>-16</sup>	(1.343×10 <sup>-16</sup> , 1.816×10 <sup>-16</sup> )	1.10×10 <sup>-16</sup>	(9.805×10 <sup>-17</sup> , 1.213×10 <sup>-16</sup> )	-2.23×10 <sup>-14</sup>	(-2.427×10 <sup>-14</sup> , -2.03×10 <sup>-14</sup> )	
	p20	2.90×10 <sup>-17</sup>	(2.864×10 <sup>-17</sup> , 2.939×10 <sup>-17</sup> )	5.12×10 <sup>-17</sup>	(5.098×10 <sup>-17</sup> , 5.135×10 <sup>-17</sup> )	1.39×10 <sup>12</sup>	(1.362×10 <sup>12</sup> , 1.408×10 <sup>12</sup> )		
	p11	2.52×10 <sup>-16</sup>	(2.502×10 <sup>-16</sup> , 2.54×10 <sup>-16</sup> )	1.54×10 <sup>-16</sup>	(1.531×10 <sup>-16</sup> , 1.549×10 <sup>-16</sup> )	7.582	(7.535, 7.63)		
	p02	-7.86×10 <sup>-19</sup>	(-9.038×10 <sup>-19</sup> , -6.671×10 <sup>-19</sup> )	-5.12×10 <sup>-19</sup>	(-5.698×10 <sup>-19</sup> , -4.532×10 <sup>-19</sup> )	9.83×10 <sup>-15</sup>	(8.839×10 <sup>-15</sup> , 1.082×10 <sup>-14</sup> )		
	p30	1.62×10 <sup>-20</sup>	(1.546×10 <sup>-20</sup> , 1.689×10 <sup>-20</sup> )	1.20×10 <sup>-19</sup>	(1.194×10 <sup>-19</sup> , 1.201×10 <sup>-19</sup> )	-5.09×10 <sup>23</sup>	(-5.198×10 <sup>23</sup> , -4.973×10 <sup>23</sup> )		
	p21	-2.44×10 <sup>-19</sup>	(-2.47×10 <sup>-19</sup> , -2.407×10 <sup>-19</sup> )	-4.76×10 <sup>-19</sup>	(-4.773×10 <sup>-19</sup> , -4.742×10 <sup>-19</sup> )	-8.95×10 <sup>11</sup>	(-9.152×10 <sup>11</sup> , -8.746×10 <sup>11</sup> )		
	p12	-9.43×10 <sup>-19</sup>	(-9.522×10 <sup>-19</sup> , -9.34×10 <sup>-19</sup> )	-6.30×10 <sup>-19</sup>	(-6.341×10 <sup>-19</sup> , -6.251×10 <sup>-19</sup> )	-3.079	(-3.103, -3.054)		
	p00	-7.94×10 <sup>-15</sup>	(-8.506×10 <sup>-15</sup> , -7.373×10 <sup>-15</sup> )	-5.70×10 <sup>-15</sup>	(-6.212×10 <sup>-15</sup> , -5.182×10 <sup>-15</sup> )	1.05×10 <sup>-14</sup>	(9.672×10 <sup>-15</sup> , 1.13×10 <sup>-14</sup> )		
	p10	-2.16×10 <sup>-16</sup>	(-2.17×10 <sup>-16</sup> , -2.147×10 <sup>-16</sup> )	-1.27×10 <sup>-16</sup>	(-1.285×10 <sup>-16</sup> , -1.264×10 <sup>-16</sup> )	-3.571	(-3.592, -3.55)		
	p01	1.67×10 <sup>-16</sup>	(1.554×10 <sup>-16</sup> , 1.793×10 <sup>-16</sup> )	1.24×10 <sup>-16</sup>	(1.132×10 <sup>-16</sup> , 1.349×10 <sup>-16</sup> )	-2.03×10 <sup>-14</sup>	(-2.205×10 <sup>-14</sup> , -1.855×10 <sup>-14</sup> )		
	p20	2.01×10 <sup>-20</sup>	(1.999×10 <sup>-20</sup> , 2.018×10 <sup>-20</sup> )	2.59×10 <sup>-20</sup>	(2.584×10 <sup>-20</sup> , 2.601×10 <sup>-20</sup> )	1.19×10 <sup>12</sup>	(1.168×10 <sup>12</sup> , 1.206×10 <sup>12</sup> )		
	p11	4.41×10 <sup>-18</sup>	(4.39×10 <sup>-18</sup> , 4.436×10 <sup>-18</sup> )	2.53×10 <sup>-18</sup>	(2.509×10 <sup>-18</sup> , 2.551×10 <sup>-18</sup> )	8.642	(8.595, 8.689)		
	p02	-7.82×10 <sup>-19</sup>	(-8.417×10 <sup>-19</sup> , -7.22×10 <sup>-19</sup> )	-5.89×10 <sup>-19</sup>	(-6.433×10 <sup>-19</sup> , -5.344×10 <sup>-19</sup> )	8.45×10 <sup>-15</sup>	(7.576×10 <sup>-15</sup> , 9.318×10 <sup>-15</sup> )		
	p30	5.65×10 <sup>-25</sup>	(5.624×10 <sup>-25</sup> , 5.667×10 <sup>-25</sup> )	6.38×10 <sup>-25</sup>	(6.355×10 <sup>-25</sup> , 6.394×10 <sup>-25</sup> )	-5.62×10 <sup>21</sup>	(-9.77×10 <sup>21</sup> , -1.467×10 <sup>21</sup> )		
	p21	-2.12×10 <sup>-22</sup>	(-2.126×10 <sup>-22</sup> , -2.109×10 <sup>-22</sup> )	-2.42×10 <sup>-22</sup>	(-2.425×10 <sup>-22</sup> , -2.408×10 <sup>-22</sup> )	-1.13×10 <sup>12</sup>	(-1.153×10 <sup>12</sup> , -1.116×10 <sup>12</sup> )		
	p12	-1.57×10 <sup>-20</sup>	(-1.581×10 <sup>-20</sup> , -1.559×10 <sup>-20</sup> )	-9.36×10 <sup>-21</sup>	(-9.459×10 <sup>-21</sup> , -9.253×10 <sup>-21</sup> )	-3.65	(-3.674, -3.625)		
	ρ < 1 d	Dst	p00	6.69×10 <sup>-15</sup>	(5.587×10 <sup>-15</sup> , 7.783×10 <sup>-15</sup> )	5.49×10 <sup>-15</sup>	(4.631×10 <sup>-15</sup> , 6.35×10 <sup>-15</sup> )	-1.84×10 <sup>-16</sup>	(-1.129×10 <sup>-15</sup> , 7.62×10 <sup>-16</sup> )
			p10	-2.46×10 <sup>-15</sup>	(-2.621×10 <sup>-15</sup> , -2.304×10 <sup>-15</sup> )	-3.05×10 <sup>-16</sup>	(-4.303×10 <sup>-16</sup> , -1.802×10 <sup>-16</sup> )	-2.952	(-3.004, -2.901)
			p01	-1.40×10 <sup>-16</sup>	(-1.626×10 <sup>-16</sup> , -1.166×10 <sup>-16</sup> )	-1.18×10 <sup>-16</sup>	(-1.36×10 <sup>-16</sup> , -9.993×10 <sup>-17</sup> )	-5.74×10 <sup>-16</sup>	(-2.617×10 <sup>-15</sup> , 1.47×10 <sup>-15</sup> )
			p20	2.47×10 <sup>-18</sup>	(1.761×10 <sup>-18</sup> , 3.183×10 <sup>-18</sup> )	-2.55×10 <sup>-18</sup>	(-3.117×10 <sup>-18</sup> , -1.99×10 <sup>-18</sup> )	1.15×10 <sup>12</sup>	(1.101×10 <sup>12</sup> , 1.203×10 <sup>12</sup> )
			p11	3.12×10 <sup>-17</sup>	(2.808×10 <sup>-17</sup> , 3.438×10 <sup>-17</sup> )	-7.68×10 <sup>-18</sup>	(-1.017×10 <sup>-17</sup> , -5.192×10 <sup>-18</sup> )	7.435	(7.323, 7.547)
			p02	5.51×10 <sup>-19</sup>	(4.36×10 <sup>-19</sup> , 6.665×10 <sup>-19</sup> )	5.52×10 <sup>-19</sup>	(4.619×10 <sup>-19</sup> , 6.423×10 <sup>-19</sup> )	2.42×10 <sup>-17</sup>	(-9.932×10 <sup>-16</sup> , 1.042×10 <sup>-15</sup> )
			p30	9.53×10 <sup>-20</sup>	(9.411×10 <sup>-20</sup> , 9.644×10 <sup>-20</sup> )	2.04×10 <sup>-19</sup>	(2.035×10 <sup>-19</sup> , 2.054×10 <sup>-19</sup> )	4.29×10 <sup>23</sup>	(4.199×10 <sup>23</sup> , 4.383×10 <sup>23</sup> )
			p21	-4.04×10 <sup>-21</sup>	(-1.02×10 <sup>-20</sup> , 2.126×10 <sup>-21</sup> )	3.65×10 <sup>-20</sup>	(3.161×10 <sup>-20</sup> , 4.145×10 <sup>-20</sup> )	-1.57×10 <sup>12</sup>	(-1.612×10 <sup>12</sup> , -1.521×10 <sup>12</sup> )
			p12	1.30×10 <sup>-19</sup>	(1.151×10 <sup>-19</sup> , 1.453×10 <sup>-19</sup> )	2.22×10 <sup>-19</sup>	(2.105×10 <sup>-19</sup> , 2.343×10 <sup>-19</sup> )	-3.276	(-3.333, -3.218)
p00			5.59×10 <sup>-15</sup>	(4.533×10 <sup>-15</sup> , 6.654×10 <sup>-15</sup> )	3.07×10 <sup>-15</sup>	(2.782×10 <sup>-15</sup> , 3.351×10 <sup>-15</sup> )	-4.44×10 <sup>-16</sup>	(-1.251×10 <sup>-15</sup> , 3.628×10 <sup>-16</sup> )	
p10			-4.94×10 <sup>-15</sup>	(-5.066×10 <sup>-15</sup> , -4.817×10 <sup>-15</sup> )	-1.90×10 <sup>-15</sup>	(-1.935×10 <sup>-15</sup> , -1.868×10 <sup>-15</sup> )	-2.368	(-2.404, -2.333)	
p01			-1.17×10 <sup>-16</sup>	(-1.394×10 <sup>-16</sup> , -9.493×10 <sup>-17</sup> )	-6.54×10 <sup>-17</sup>	(-7.134×10 <sup>-17</sup> , -5.943×10 <sup>-17</sup> )	3.21×10 <sup>-16</sup>	(-1.423×10 <sup>-15</sup> , 2.065×10 <sup>-15</sup> )	
p20		-8.46×10 <sup>-18</sup>	(-8.806×10 <sup>-18</sup> , -8.115×10 <sup>-18</sup> )	-3.26×10 <sup>-18</sup>	(-3.352×10 <sup>-18</sup> , -3.166×10 <sup>-18</sup> )	7.55×10 <sup>11</sup>	(7.312×10 <sup>11</sup> , 7.783×10 <sup>11</sup> )		
p11		9.70×10 <sup>-17</sup>	(9.46×10 <sup>-17</sup> , 9.949×10 <sup>-17</sup> )	3.17×10 <sup>-17</sup>	(3.107×10 <sup>-17</sup> , 3.238×10 <sup>-17</sup> )	6.415	(6.338, 6.492)		
p02		4.89×10 <sup>-19</sup>	(3.78×10 <sup>-19</sup> , 6.005×10 <sup>-19</sup> )	3.07×10 <sup>-19</sup>	(2.774×10 <sup>-19</sup> , 3.37×10 <sup>-19</sup> )	-4.19×10 <sup>-17</sup>	(-9.101×10 <sup>-16</sup> , 8.262×10 <sup>-16</sup> )		
p30		4.35×10 <sup>-20</sup>	(4.317×10 <sup>-20</sup> , 4.388×10 <sup>-20</sup> )	6.99×10 <sup>-20</sup>	(6.977×10 <sup>-20</sup> , 6.996×10 <sup>-20</sup> )	-1.51×10 <sup>23</sup>	(-1.537×10 <sup>23</sup> , -1.483×10 <sup>23</sup> )		
p21		4.91×10 <sup>-20</sup>	(4.647×10 <sup>-20</sup> , 5.175×10 <sup>-20</sup> )	7.21×10 <sup>-21</sup>	(6.493×10 <sup>-21</sup> , 7.92×10 <sup>-21</sup> )	-8.99×10 <sup>11</sup>	(-9.202×10 <sup>11</sup> , -8.776×10 <sup>11</sup> )		
p12		-2.77×10 <sup>-19</sup>	(-2.883×10 <sup>-19</sup> , -2.651×10 <sup>-19</sup> )	-3.68×10 <sup>-21</sup>	(-6.796×10 <sup>-21</sup> , -5.601×10 <sup>-22</sup> )	-2.432	(-2.471, -2.393)		
p00		5.44×10 <sup>-15</sup>	(4.493×10 <sup>-15</sup> , 6.384×10 <sup>-15</sup> )	5.17×10 <sup>-15</sup>	(4.261×10 <sup>-15</sup> , 6.068×10 <sup>-15</sup> )	-1.41×10 <sup>-15</sup>	(-2.245×10 <sup>-15</sup> , -5.77×10 <sup>-16</sup> )		
p10		-5.84×10 <sup>-17</sup>	(-6.001×10 <sup>-17</sup> , -5.676×10 <sup>-17</sup> )	-3.24×10 <sup>-17</sup>	(-3.394×10 <sup>-17</sup> , -3.084×10 <sup>-17</sup> )	-3.915	(-3.961, -3.869)		
p01		-1.05×10 <sup>-16</sup>	(-1.244×10 <sup>-16</sup> , -8.456×10 <sup>-17</sup> )	-1.07×10 <sup>-16</sup>	(-1.265×10 <sup>-16</sup> , -8.842×10 <sup>-17</sup> )	1.99×10 <sup>-15</sup>	(1.822×10 <sup>-16</sup> , 3.787×10 <sup>-15</sup> )		
p20		-2.93×10 <sup>-21</sup>	(-3.021×10 <sup>-21</sup> , -2.845×10 <sup>-21</sup> )	-1.85×10 <sup>-21</sup>	(-1.93×10 <sup>-21</sup> , -1.762×10 <sup>-21</sup> )	4.73×10 <sup>11</sup>	(4.267×10 <sup>11</sup> , 5.196×10 <sup>11</sup> )		
p11		1.13×10 <sup>-18</sup>	(1.094×10 <sup>-18</sup> , 1.159×10 <sup>-18</sup> )	6.07×10 <sup>-19</sup>	(5.759×10 <sup>-19</sup> , 6.382×10 <sup>-19</sup> )	9.77	(9.667, 9.873)		
p02		3.41×10 <sup>-19</sup>	(2.409×10 <sup>-19</sup> , 4.408×10 <sup>-19</sup> )	4.71×10 <sup>-19</sup>	(3.756×10 <sup>-19</sup> , 5.666×10 <sup>-19</sup> )	-9.57×10 <sup>-16</sup>	(-1.854×10 <sup>-15</sup> , -5.999×10 <sup>-17</sup> )		
p30		1.31×10 <sup>-26</sup>	(1.194×10 <sup>-26</sup> , 1.424×10 <sup>-26</sup> )	1.28×10 <sup>-25</sup>	(1.272×10 <sup>-25</sup> , 1.294×10 <sup>-25</sup> )	-1.52×10 <sup>24</sup>	(-1.551×10 <sup>24</sup> , -1.488×10 <sup>24</sup> )		
p21		3.20×10 <sup>-23</sup>	(3.121×10 <sup>-23</sup> , 3.27×10 <sup>-23</sup> )	2.41×10 <sup>-23</sup>	(2.339×10 <sup>-23</sup> , 2.482×10 <sup>-23</sup> )	3.38×10 <sup>11</sup>	(2.92×10 <sup>11</sup> , 3.836×10 <sup>11</sup> )		
p12		-2.97×10 <sup>-21</sup>	(-3.126×10 <sup>-21</sup> , -2.809×10 <sup>-21</sup> )	-1.32×10 <sup>-21</sup>	(-1.473×10 <sup>-21</sup> , -1.17×10 <sup>-21</sup> )	-4.268	(-4.321, -4.215)		